



Virgílio Oliveira Reis

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED A LINHAS
DE VIDRAGEM**



Virgílio Oliveira Reis

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED A LINHAS
DE VIDRAGEM**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha esposa e filhos.

o júri

presidente

Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar do Departamento de Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à minha esposa Lurdes Reis, por tudo, por todos os sacrifícios e apoio demonstrado, não esquecendo a minha filha Filipa Reis.

Agradeço à minha orientadora na Universidade de Aveiro, Professora Doutora Ana Raquel Xambre, pela compreensão e disponibilidade demonstradas.

Agradeço a todos os meus amigos e a todos aqueles que me acompanharam ao longo destes dois anos de vida académica, em especial ao Simão Rocha.

Agradeço à Riastone, pela oportunidade de realizar este projeto, em especial ao meu orientador Eng.^o Marco Correia, mas sem esquecer todos os colaboradores da vidragem.

palavras-chave

SMED, *Lean Production*, vidragem.

resumo

O trabalho apresentado neste relatório foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, na Riastone, empresa de produção de louça de mesa em grés, situada na zona industrial da Mota, em Ílhavo.

O projeto teve como objetivo a diminuição dos tempos de *setup* das mudanças nas linhas de vidragem da empresa. Nesse sentido recorreu-se aos vários princípios de *Lean Production*, particularmente à metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*).

A recolha de dados, que permitiu identificar todas as tarefas, foi uma etapa crucial para o desenvolvimento da estratégia de melhoria a implementar, que culminou com a transformação de algumas das tarefas internas em externas. Pretendeu-se mostrar que é possível obter importantes ganhos na redução do tempo de *setup* apenas com recurso a melhorias organizacionais e a pequenos investimentos.

Na parte final do relatório são ainda quantificados os ganhos, discutem-se os resultados e são apresentadas propostas de continuidade do trabalho.

keywords

SMED, Lean Production, glazing, SMED.

abstract

This work described in this report was developed, within the Master's program in Industrial Engineering and Management, in Riastone, a factory that produces stoneware tableware, located in Zona Industrial da Mota, Ílhavo.

The project's main goal was to reduce setup times when changes in glazing happens, using the various principles of Lean Production, particularly the methodology SMED (Single Minute Exchange of Die).

Data collection, in order to identify all the tasks, was a crucial step for the development of the improvement strategies that were implemented, which culminated in transforming some of the internal tasks into external ones.

There was also the purpose of showing that it is possible to get important gains in reducing the setup times with just organizational improvements and small investments.

In the last part of the report, the improvements are quantified, the results are discussed and actions and ideas are presented for the continuation of the work.

***“A necessidade é a
mãe da invenção.”***

Taiichi Ohno, 1978

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do Projeto.....	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Estrutura do Relatório	4
 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO	 7
2.1 Abordagem Histórica	9
2.1.1 Antes da Família <i>Toyoda</i>	9
2.1.2 Raízes do <i>Toyota Production System</i>	12
2.1.3 Origem do <i>Toyota Production System</i>	13
2.1.4 Aumento da Produtividade durante um Período de Crescimento Económico Lento	18
2.2 <i>Toyota Production System</i>	18
2.2.1 Evolução - <i>Lean Production</i>	21
2.3. <i>Lean Thinking</i>	22
2.3.1 Princípios <i>Lean Thinking</i>	23
2.4 Desperdícios	26
2.5 Ferramentas <i>Lean</i>	30
2.5.1 Controlo de Gestão Visual.....	30
2.5.2 5 S's	31
2.5.3 <i>Kanban</i>	36
2.5.4 SMED - <i>Single Minute Exchange Of Die</i>	36
 3 CASO PRÁTICO	 45
3.1 Origem da Empresa	47
3.2 Apresentação da Empresa	47
3.3 Processo Produtivo	48
3.3.1 Descrição dos Vários Elementos Afetos às Linhas de Vidragem	52
3.4 <i>Setup</i> da Linha de Vidragem	57
3.4.1 Construção da Lista com as Tarefas Necessárias	57
3.4.2 Construção da Tabela de Trabalho	60

3.4.3 Organizar as Áreas de Trabalho Recorrendo à Metodologia 5 S's.....	61
3.4.4 Implementação do <i>Setup</i>	62
3.5 Recolha de Dados	64
3.5.1 Mudar de Peça e de <i>Spindles</i>	64
3.5.2 Mudar de Peça e Não Mudar de <i>Spindles</i>	68
3.5.3 Não Mudar de Peça.....	70
3.5.4 Confirmação Prática da Transformação das Tarefas Internas em Externas	72
 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	 75
4.1 Análise dos Tempos de <i>Setup</i> Antes e Depois da Aplicação da Metodologia SMED	77
4.1.1 Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) para 128 (T)) ou Vice-Versa	78
4.1.2 Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 (Ras)) ou Vice-Versa.....	90
4.2 Previsão Anual do Aumento das Peças Vidradas	100
 5 CONCLUSÕES	 103
 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Objetivos do TPS	19
Figura 2 - Casa do TPS.....	20
Figura 3 – Princípios do <i>Lean Thinking</i>	24
Figura 4 – (5+2) Princípios <i>Lean Thinking</i> revistos	25
Figura 5 – Exemplo de Muda, Mura e Muri	27
Figura 6 – Origem do desperdício: 8 tipos de desperdício	29
Figura 7 – Ferramenta 5 S's.....	32
Figura 8 – Benefícios obtidos da implementação dos 5S's	35
Figura 9 – Motivações para a redução do tempo de <i>setup</i>	41
Figura 10 - Esquema das várias fases da metodologia SMED	43
Figura 11 - Linha Fargrik	49
Figura 12 - Linha Dinera.....	50
Figura 13 – Linha de vidragem.....	51
Figura 14 - Cabine de vidrar na Linha 1	52
Figura 15 - Cabine de vidrar na Linha 3	53
Figura 16 - Cabines de vidrar na Linha 3	54
Figura 17 - Os três tamanhos de <i>spindles</i>	55
Figura 18 - Pratos vidrados sobre os <i>spindles</i>	56
Figura 19 – Tipo de <i>setups</i> analisados.....	63
Figura 20 – Gráfico e estatística descritiva da amostra.....	79
Figura 21 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov	80
Figura 22 – <i>Outliers</i> na amostra	81
Figura 23 – Gráfico e estatística descritiva da amostra.....	82
Figura 24 – Primeiro <i>outlier</i> na amostra	83
Figura 25 – Segundo <i>outlier</i> na amostra	84
Figura 26 – Gráfico e estatística descritiva da amostra.....	85
Figura 27 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov	86
Figura 28 – Sem <i>outliers</i> na amostra	87
Figura 29 – Resultado das duas variâncias: P1 - antes e P1 – depois sem Out_2	88
Figura 30 – Gráfico e estatística descritiva da amostra.....	90

Figura 31 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov	91
Figura 32 – <i>Outliers</i> na amostra	92
Figura 33 – Gráfico e estatística descritiva da amostra	93
Figura 34 – Primeiro <i>outlier</i> na amostra	94
Figura 35 – Segundo <i>outlier</i> na amostra	95
Figura 36 – Gráfico e estatística descritiva da amostra	96
Figura 37 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov	97
Figura 38 – Sem <i>outliers</i> na amostra.....	98
Figura 39 - Resultado das duas variâncias: P2 - antes e P2 – depois sem Out_299	

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Sistematização cronológica das diferentes abordagens para o projeto do trabalho	11
Tabela 2 – Algumas diferenças entre o TPS e o sistema de Henry Ford	16
Tabela 3 – Funções e regras de utilização do <i>Kanban</i>	17
Tabela 4 - Resumo da ferramenta 5 S's.....	34
Tabela 5 - Possível melhoria do <i>setup</i> interno (segundos) nas linhas de vidrar...	67
Tabela 6 - Possível melhoria do <i>setup</i> interno (segundos) nas linhas de vidrar...	69
Tabela 7 – Possível melhoria do <i>setup</i> interno (segundos) nas linhas de vidrar..	71
Tabela 8 – Médias de <i>setup</i> (segundos)	73
Tabela 9 – Hipóteses	89
Tabela 10 – Hipóteses	100
Tabela 11 - Previsão do plano de melhoria do <i>setup</i> (segundos) da vidragem..	101

ACRÓNIMOS

AA	Armazém automático
APA	Armazém de produto acabado
Din	Dinera
Din 14	Tigela
Din 20	Prato de sobremesa
Din 22	Prato de sopa
Din 26	Prato raso
EC	Estação de carga das vagonas
ED	Estação de descarga
EI	Engenharia Industrial
Far	Fargrik
Far 16	Tigela
Far 21	Prato de sobremesa
Far 24	Prato de sopa
Far 27	Prato raso
GCQ	Gestão do Controlo de Qualidade
GCQT	Gestão do Controlo da Qualidade Total
Gemba	Chão de fábrica
IED	Input Exchange of Die
IMVP	International Motor Vehicle Program
JIC	Just-in-case
JIT	Just-in-time
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OED	Output Exchange of Die
PCA	Posto de controlo de alimentação
PCEC	Posto de controlo na estação de carga
PCV	Posto de controlo da vidragem
RAS	Spindle grande
S	Spindle médio
Shelfcar	Carro automático

SMED	Single Minute Exchange of Die
T	Spindle pequeno
TMC	Toyota Motor Corporation
TPS	Toyota Production System
WIP	Quantidade do produto em processo

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 15 anos, a cerâmica de mesa (de porcelana e grés) tem sofrido continuamente uma diminuição de preço nos mercados devido à globalização. Além disso, as cadeias multinacionais, ao diversificarem os seus produtos para oferecer uma gama maior, tornaram o ciclo de vida de cada produto cada vez mais curto. Neste contexto, foi transferida para as fábricas a necessidade de serem mais competitivas, flexíveis e inovadoras.

O trabalho descrito neste relatório foi desenvolvido numa empresa com apenas 18 meses de atividade mas que se encontra neste meio e precisa, por isso, manter elevados níveis de competitividade apostando quer na qualidade, como no preço, flexibilidade e prazo de resposta.

1.1 ENQUADRAMENTO DO PROJETO

Apesar da Riastone, Fábrica De Louça De Mesa Em Grés, S.A. ser uma unidade recente, onde se apostou na automatização dos processos, verificou-se a necessidade de uma nova adaptação no que respeita à diminuição do tamanho de lote a vidrar, dado que se observou que tem sido necessário recorrer a mais mudanças de artigo e de cor, do que inicialmente se tinha considerado.

A fábrica produz exclusivamente para a rede de lojas do IKEA que tem vindo a alargar a oferta deste tipo de produto (peças diferentes e cores diferentes) para além de estar em fase de crescimento com a expansão continuada do número de lojas.

Face a esta nova realidade optou-se pela aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) por forma a reduzir os tempos de mudança de lote nas linhas de vidragem, permitindo, deste modo, o processamento de mais variedade de lotes e de lotes de menor dimensão. O objetivo desta metodologia SMED é a diminuição da duração e a simplificação das tarefas de *setup*, por meio da redução ou eliminação das perdas relacionadas com essa operação.

Este trabalho abrangeu as 5 linhas de vidragem da empresa e teve como objetivo a diminuição do tempo de *setup* nas mudanças quer de peças quer de

cores. A diminuição do referido tempo de *setup* surge como aspeto essencial para melhorar o planeamento, reduzir *stocks* e melhorar o serviço no cliente IKEA.

Para aplicar o SMED foram então realizadas as observações e filmagens necessárias para se obterem 20 observações de cada tipo de mudança, identificando os tempos elementares ou não elementares de cada tarefa. Depois do tratamento das observações, com a aplicação da metodologia, foram transformadas algumas tarefas internas em externas.

Pretendeu-se depois, adicionalmente, verificar, se nas mudanças mais demoradas, os tempos de *setup* diminuíram de acordo com o previsto.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho desenvolvido passou pela diminuição do tempo de *setup* nas mudanças de peças e cores, nas linhas de vidragem, e na preparação prévia dessas mudanças, para eliminar todos os tempos de desperdício.

Procurou-se analisar todo o processo por forma a eliminar, ou pelo menos reduzir, as fontes de desperdício tentando, sempre que possível mostrar ganhos através de mudanças simples na organização do trabalho e sem recorrer a investimentos avultados.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente trabalho encontra-se estruturado em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é descrito o enquadramento do projeto e os seus objetivos.

No segundo capítulo é descrito o enquadramento teórico tendo em conta a história e evolução do *Toyota Production System*. Descrevem-se ainda as mudanças de paradigma do mercado com a introdução dos conceitos *Lean Thinking* e a descrição das ferramentas *Lean*.

No terceiro capítulo é descrito o caso prático, desde a apresentação da empresa, do processo produtivo e dos vários elementos afetos à linha de vidragem, explica-se o processo da recolha de dados e a forma de aplicação da metodologia SMED.

No quarto capítulo apresentam-se a análise e discussão dos resultados e, por último, surge o quinto capítulo onde são expostas as conclusões finais. Também foram dadas sugestões de melhoria contínua para que este projeto possa ter desenvolvimentos futuros dentro da empresa.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A gestão dos processos produtivos têm vindo a evoluir ao longo dos tempos e, por isso, a sua diversidade tem sido muito importante para a evolução da história da humanidade.

Toyota Production System (TPS), *Lean Production* e *Lean Thinking* têm sido cada vez mais divulgados e aplicados no meio empresarial ao nível mundial. Todos eles se encontram interligados, e correspondem à mesma filosofia de gestão, apesar da sua evolução.

Além da sua história, serão abordados os pensamentos desta filosofia, os seus princípios, algumas ferramentas e a metodologia SMED que serviu de base a este trabalho.

2.1 ABORDAGEM HISTÓRICA

2.1.1 ANTES DA FAMÍLIA TOYODA

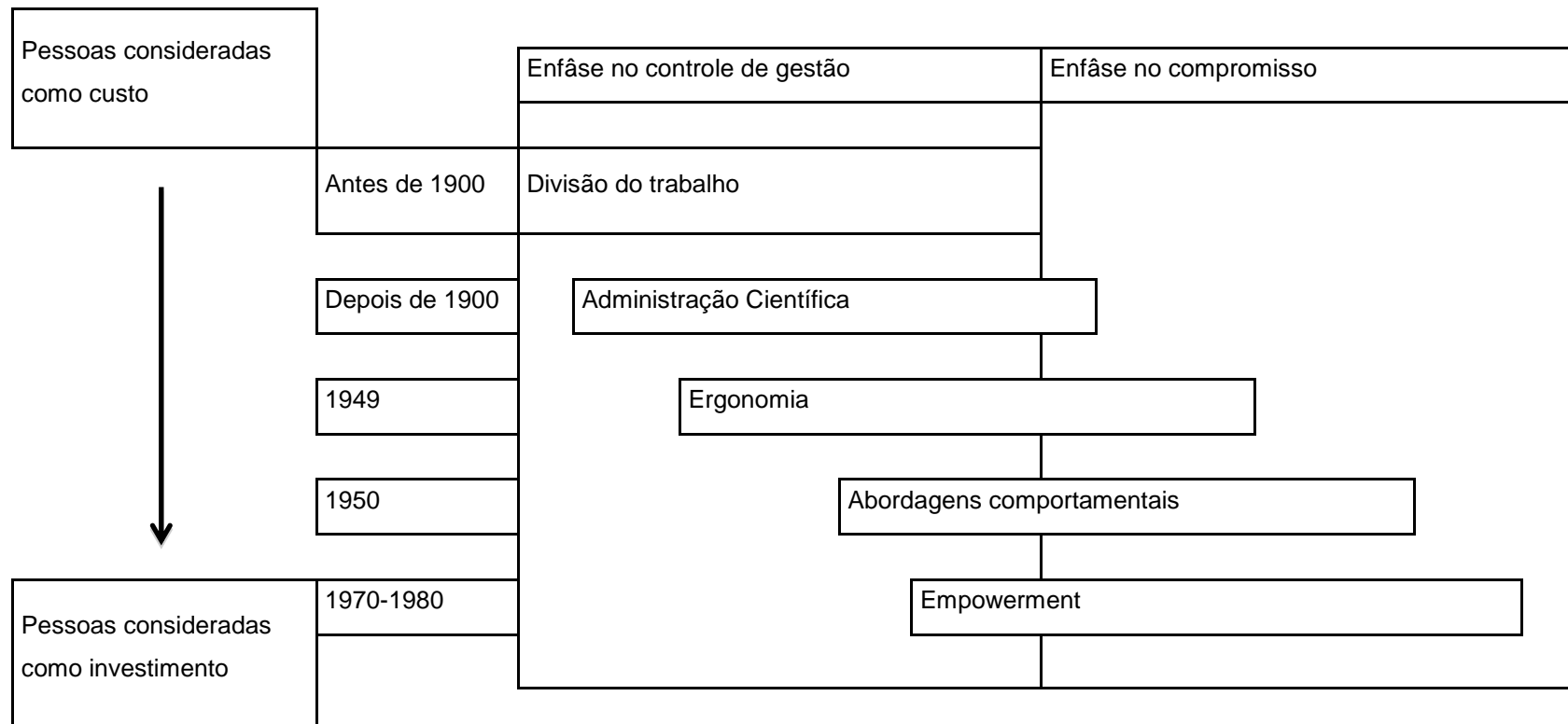
O aparecimento do artesão chegou com o conceito de que o ser humano teria de saber realizar todos os processos de transformação de uma matéria-prima até ao produto final, incluindo a escolha de matérias-primas.

A partir do século XI, o artesanato ficou concentrado nas oficinas, em que cada uma recebia um pequeno grupo de aprendizes que teriam de viver com o mestre artesão, detentor de todo o conhecimento. O mestre oferecia aos aprendizes conhecimento, roupas e comida em troca de mão-de-obra barata. Assim, foi possível criar organizações para a defesa dos interesses dos mestres de cada região.

A quebra do paradigma entre o artesão e a produção especializada conduziu a grandes benefícios no que respeita à aprendizagem especializada, e facilidades para a mecanização/ automação futura, reduzindo o trabalho não produtivo (Slack, 1997).

Na tabela 1 é apresentada, de uma forma resumida a evolução das abordagens ao projeto do sistema de trabalho.

Tabela 1 - Sistematização cronológica das diferentes abordagens para o projeto do trabalho (adaptado de Slack, 1997)



2.1.2 RAÍZES DO TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

O impacto da Revolução Industrial na sociedade conseguiu criar condições para pensadores como Frederick W. Taylor, Frank Gilbreth, Lilian Gilbreth, William E. Deming, Henry Ford, entre outros, revolucionarem a indústria do século XX (Shingo, 1985; Slack, 1997).

Desde 1890 que Frederick W. Taylor inovou ao estudar e divulgar a teoria científica do trabalho, e em 1911 foi publicada a sua grande obra "*The Principles of Scientific Management*", em que o principal objetivo era o de aumentar a produtividade das fábricas através de uma análise científica do trabalho dos operários, que teve como consequência a formalização do estudo dos tempos e o estabelecimento de padrões, de modo a encontrar uma forma de "acelerar a produção" e obter melhores resultados.

Devido às suas ideias inovadoras, Frederick W. Taylor conseguiu obter diversos seguidores como:

- Frank e Lilian Gilbreth, que conseguiram reforçar as suas ideias sobre o desperdício de produtividade humana, defendendo a necessidade do desenvolvimento de um estudo que envolvesse a racionalização dos movimentos realizados durante a execução das tarefas de determinadas profissões (estudo do movimento) e a motivação de colaboradores, incluindo a fadiga;

- William E. Deming (Teoria da Amostragem, Qualidade e Produtividade);

- Henry Ford, que aproveitou a teoria do consumo em massa e trabalhou alguns conceitos para reduzir custos e aumentar a produção, tendo em conta os princípios desenvolvidos por Taylor.

No início do século XX, Henry Ford veio alterar o paradigma na indústria automóvel, do fabrico artesanal ao fabrico em série através do modelo T e da linha de montagem.

Inicialmente, os vários artesãos trabalhavam de acordo com as suas medidas e era impossível o intercâmbio de peças, sendo produzidas as peças finais com uma medida aproximada e, por isso, a Ford depois de receber as referidas peças tinha de ter ajustadores especializados para as adaptar. Esta

atividade representava um grande esforço de trabalho que poderia ser evitado, se as peças tivessem as mesmas dimensões.

Ford começou a exigir que as peças tivessem o mesmo sistema de medidas durante todo o processo, para poder colocar pessoas não especialistas na montagem das peças.

A chave para a produção em massa não era a linha de montagem, mas sim o intercâmbio entre as peças por meio da padronização das medidas (Ferreira, 2004).

O pensamento de Henry Ford foi o de conseguir produzir o maior número de automóveis, com um *design* simples, ao mais baixo custo. Nesse sentido, melhorou os métodos, os processos, os produtos e, com a racionalização da produção, conseguiu idealizar a linha de montagem e, assim, criar a produção em série (Szezerbicki, Pilatti e Kowaleski, 2004).

Henry Ford fundou a Ford Motor Company que tinha como intuito uma estratégia revolucionária comercial, produzindo carros a preços populares. Lançou o Ford T em 1908 por US\$ 850 sendo este um carro para ser usado durante os dias da semana e a Ford produziu 15 milhões do modelo T (Szezerbicki, Pilatti e Kowaleski, 2004).

“Sorensen [Charles Sorensen, primeiro presidente da Ford Motor Company] escreve que Henry Ford não foi o pai do sistema de produção em massa, e sim um patrocinador do mesmo. Nem todos concordariam com esta afirmação. Eu, por exemplo, reverencio a grandeza de Ford. Acredito que se o rei dos carros americanos ainda estivesse vivo, estaria, com certeza, orientando-se na mesma direção da Toyota” (OHNO, 1997, p.108).

2.1.3 ORIGEM DO TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

A história da Toyota começa em finais do século XIX, no momento em que Sakichi Toyoda inventou o primeiro tear elétrico no Japão, que acabou por revolucionar a indústria têxtil do país. Em Janeiro de 1918, Sakichi fundou a Toyoda Spinning and Weaving Company, com a ajuda do seu filho, Kiichiro Toyoda. Realizou o sonho de uma vida ao fabricar um tear automático, em 1924.

Depois de ter enfrentado uma crise económica, Sakichi Toyoda foi obrigado a deixar a empresa, mas dois anos depois criou uma nova empresa, a Toyoda Automatic Loom Works, garantindo a continuidade da família na indústria têxtil do Japão.

O entusiasmo pela indústria automóvel da família Toyoda teve início com a visita de Toyoda Sakichi à Europa e aos Estados Unidos, em 1911. Em 1930, o seu filho, Toyoda Kiichiro, depois de ter visitado a Europa e os Estados Unidos, apercebeu-se da importância da indústria automóvel e da dependência em que o Japão iria ficar. Depois de ter chegado a casa, com o seu pai já acamado, explicou-lhe a evolução do automóvel, e contou com o apoio incondicional de Sakichi e a recomendação de aplicar o dinheiro, da venda da patente do tear automático, nessa indústria. Assim, decidiu criar um departamento automóvel nas instalações da Toyoda Automatic Loom Works e, em 1937 fundou a Toyota Motor Corporation (TMC) (Ohno, 1997). Acabou por decidir que o melhor seria aprender com as técnicas americanas de produção em massa, e afirmou: *“Mas não iremos copiá-las. Usaremos a nossa própria pesquisa e criatividade para desenvolver um método de produção que se adapte à situação do nosso país”*. (Ohno, 1997).

A Toyota conseguiu importar e colocar em prática várias ideias dos Estados Unidos como a Gestão do Controlo de Qualidade (GCQ), a Gestão do Controlo da Qualidade Total (GCQT) e os métodos da Engenharia Industrial (EI) (Ohno, 1997).

Em 15 de Agosto de 1945, o Japão tinha perdido a Guerra e a Toyota Motor Corporation foi obrigada a recomeçar de novo, uma vez que não fazia sentido continuar a produzir encomendas de camiões, automóveis e motociclos para o estado japonês, para fazer face à guerra. Mediante tal situação, o presidente Kiichiro conseguiu ter o discernimento de direccionar a empresa para o fabrico de automóveis e de avisar os seus colaboradores de que só dispunham de três anos para conseguir salvar a indústria automóvel Japonesa. Seria necessário competir com os Estados Unidos, ou seja, aumentar a produtividade dos japoneses em nove vezes (Ohno, 1997).

A ideia chave do Toyota Production System (TPS) foi aumentar a eficiência da produção através da eliminação sistemática das atividades não geradoras de valor, ou seja, eliminar o desperdício para, deste modo, a produtividade aumentar.

O TPS iniciou a sua sustentação em dois pilares (Ohno, 1997):

- *Just-in-time*: Um processo de fluxo, sendo que os componentes necessários à montagem devem chegar à linha de montagem no momento em que são necessários e, somente, na quantidade necessária, ou seja, o *stock* tende para zero (ideia de Kiichiro);

- *Autonation (Autonomação)*: quando surgem anomalias numa máquina ou na linha de montagem, estas irão desligar automaticamente para que o operador/ supervisor verifique o que está a acontecer, uma vez que nesta indústria a segurança deve estar em primeiro lugar pois pode pôr em risco os condutores de automóveis (ideia de Sakichi).

A partir de 1947, Taiichi Ohno veio a ser transferido da indústria têxtil para a fábrica da Toyota, para iniciar as mudanças necessárias. Na tabela 2, além de serem referidas as mudanças, pode-se verificar as diferenças entre o TPS e o sistema de Henry Ford.

Tabela 2 – Algumas diferenças entre o TPS e o sistema de Henry Ford (adaptado de Ohno, 1997 e Shingo, 1985)

Descrição	TPS	Henry Ford
Trabalho em Equipa	Células de trabalho em L ou paralelas	Não
1 Operador	Controlo de várias máquinas	Controlo de 1 máquina
Tamanho do lote	Pequeno	Grande
Superprodução	Não (utilizando <i>Kanban</i>)	Sim
Nivelar flutuações da produção	Sim	Não
Sincronização da produção	Praticada com rigidez	Não
Folhas de trabalho padrão (tempo de ciclo, sequência de trabalho e <i>stock</i> padrão)	Controlo visual	Não
Troca rápida de ferramentas	Sim	Não
Períodos de baixo crescimento	Pode-se controlar o nº de operadores sem diminuir a produtividade	Não se pode controlar o nº de operadores sem diminuir a produtividade
A produção vai ao encontro do cliente	Sim	Não
Fluxo do produto	Fluxo misto (vários modelos)	Produto único

A ferramenta mais importante do TPS foi o *Kanban*, pois teve de servir, sempre, de suporte ao pilar *Just-in-time*.

Foram necessários 10 anos (1962) para a aplicação do *Kanban* na Toyota, e só depois se iniciou a sua implementação nos fornecedores externos. A sua aplicação teve de ser gradual, e à medida que Taiichi Ohno aumentava as responsabilidades na Toyota, porque se tratava de um método novo e era necessário que todos o compreendessem "e era difícil introduzir novas ideias em departamentos que não estavam a ser supervisionados, por mim" (Ohno, 1997).

Esta ferramenta (ver tabela 3) deve acompanhar sempre os produtos e, como tal, torna-se um instrumento de comunicação essencial para a produção

Just-in-time. Para que seja eficaz, foi necessário uma boa gestão dos processos de produção, tendo em conta o nivelamento das flutuações da produção (diminuição da variabilidade dos produtos) e os procedimentos padrão de trabalho.

Tabela 3 – Funções e regras de utilização do *Kanban* (adaptado de Ohno, 1997)

Nº	Funções	Regras de utilização
1	Fornecer informação sobre receber ou transportar	O processo subsequente recebe o número de itens indicados pelo <i>Kanban</i> no processo precedente
2	Fornecer informação sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo <i>Kanban</i>
3	Impedir a superprodução e o transporte excessivo	Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>Kanban</i>
4	Servir como uma ordem de produção afixada às mercadorias	Serve para afixar um <i>Kanban</i> aos produtos produzidos
5	Impedir produtos com defeito pela identificação do processo que os produziu	Produtos com defeito não são enviados para o processo seguinte. Aceitam-se produtos produzidos 100% livres de defeitos
6	Revelar problemas existentes e manter o controlo de <i>stocks</i>	Reduzir o número de <i>Kanbans</i> vai aumentar a sua sensibilidade aos problemas

A partir de 1950, com a guerra da Coreia, apareceram encomendas especiais de camiões, assim como de automóveis e, por isso, de acordo com as necessidades, o TPS foi-se construindo. A sua evolução foi no sentido de desenvolver e implementar o conceito de produção *pull*.

2.1.4 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DURANTE UM PERÍODO DE CRESCIMENTO ECONÓMICO LENTO

Desde a década de 40 que a produção da Toyota cresce, mas, com a crise do petróleo de 1973, teve de reduzir a sua produção a partir de 1974, uma vez que a procura também diminui. Mediante esta desaceleração no mercado, as empresas automóveis tiveram crescimento zero, enquanto a Toyota obteve crescimento, e foi a partir desta altura que os seus concorrentes começaram a olhar mais para o sistema da Toyota.

Neste contexto, a Toyota veio a descobrir que a *Autonomação* poderia contribuir para o aumento da produtividade, para além de já estar a contribuir para a diminuição das peças defeituosas. Numa altura mais próspera, estes problemas tinham estado ocultos ou menos visíveis na produção, não havendo "necessidade" da procura de melhores soluções (Ohno, 1997). Porém, numa altura mais crítica, percebeu-se que cada operador não podia continuar com a responsabilidade de supervisionar uma máquina, mas sim com várias, como acontecia na indústria têxtil. Assim, como nas linhas de produção, o pensamento passou a ser o mesmo mas, para isso, foram modificados os *layouts* (células em L, em U ou em paralelo). Com estas mudanças, o TPS foi evoluindo, continuando a ter resultados económicos positivos nas épocas de crescimento baixo.

Naturalmente é mais fácil aumentar a produtividade e a eficiência através do aumento da produção, do que quando as quantidades a produzir diminuem (Ohno, 1997).

2.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Os objetivos do TPS são sustentados pelos seus pilares (ver figura 1):

- A diminuição dos custos através da eliminação de todos os tipos de desperdícios;

- A diminuição do *lead time*, o que resulta numa maior flexibilidade da empresa que, assim, pode fornecer mais rápido e a mais clientes, com a vantagem de fornecer o que o cliente escolheu;
- Produzir sempre um produto melhor, segundo as especificações do cliente, nivelando a produção para assim poder reduzir a variabilidade.

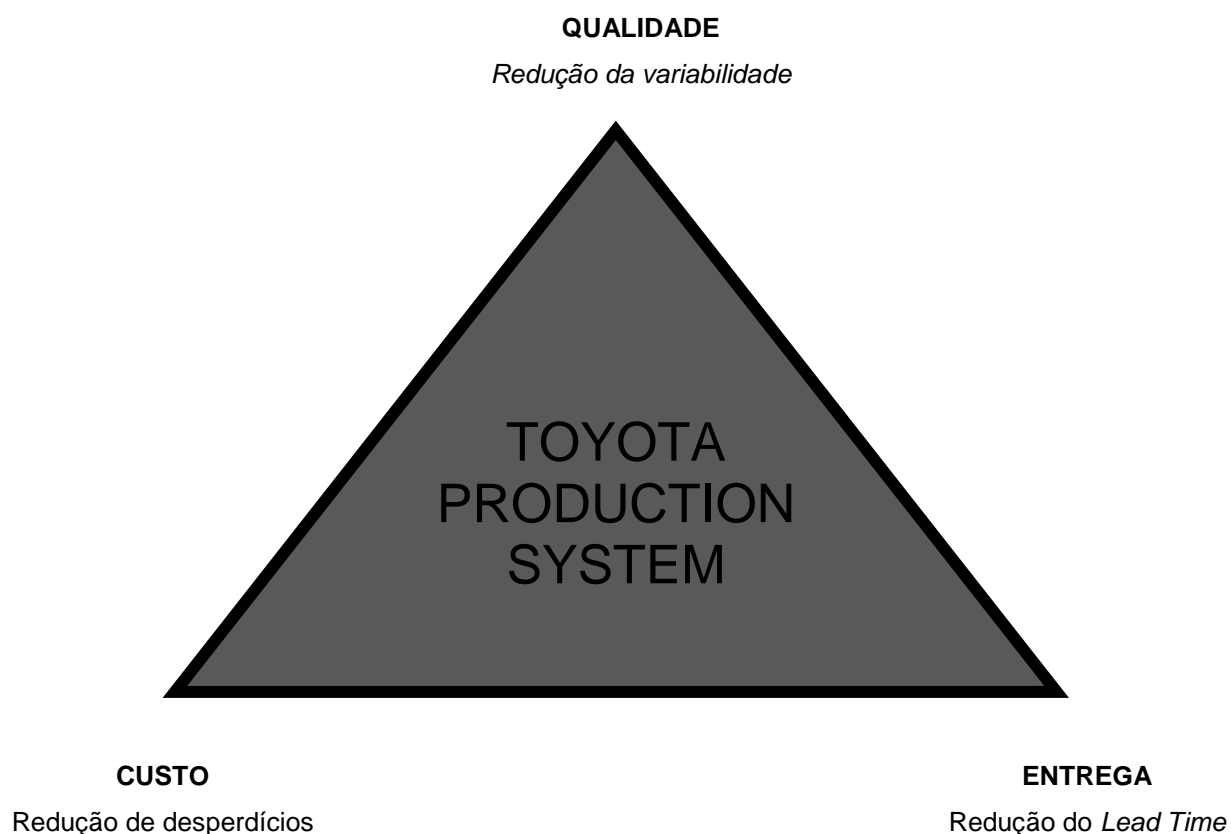


Figura 1 - Objetivos do TPS (adaptado de Rodrigues, 2009 – CLT)

Com a intenção de difundir as melhores práticas desenvolvidas na Toyota, Fujio Cho, ex-diretor da Toyota, desenhou uma representação simples do TPS - Casa do TPS (Liker, 2004). Existem várias representações da casa do TPS que apresentam pequenas variações, mas todas mantêm basicamente os mesmos elementos (ver figura 2).

A casa só pode ser forte se o telhado, os pilares e as fundações assim o forem (Liker, 2004).

A casa encontra-se dividida em três partes:

- O telhado: representa os objetivos do TPS;
- Os pilares externos: têm como função sustentar os objetivos;
- As fundações: são a base de todo o sistema.

As fundações são o elemento principal:

- Inicialmente são trabalhados os elementos que fornecem a estabilidade básica dos processos, para nas etapas subsequentes normalizar os processos e aplicar outros princípios e ferramentas (Shingo, 1985 e Liker, 2004);

- A produção tem de ser nivelada (Heijunka);
- Têm de apresentar gestão visual;
- Têm de ter filosofia Toyota (Toyota Way).

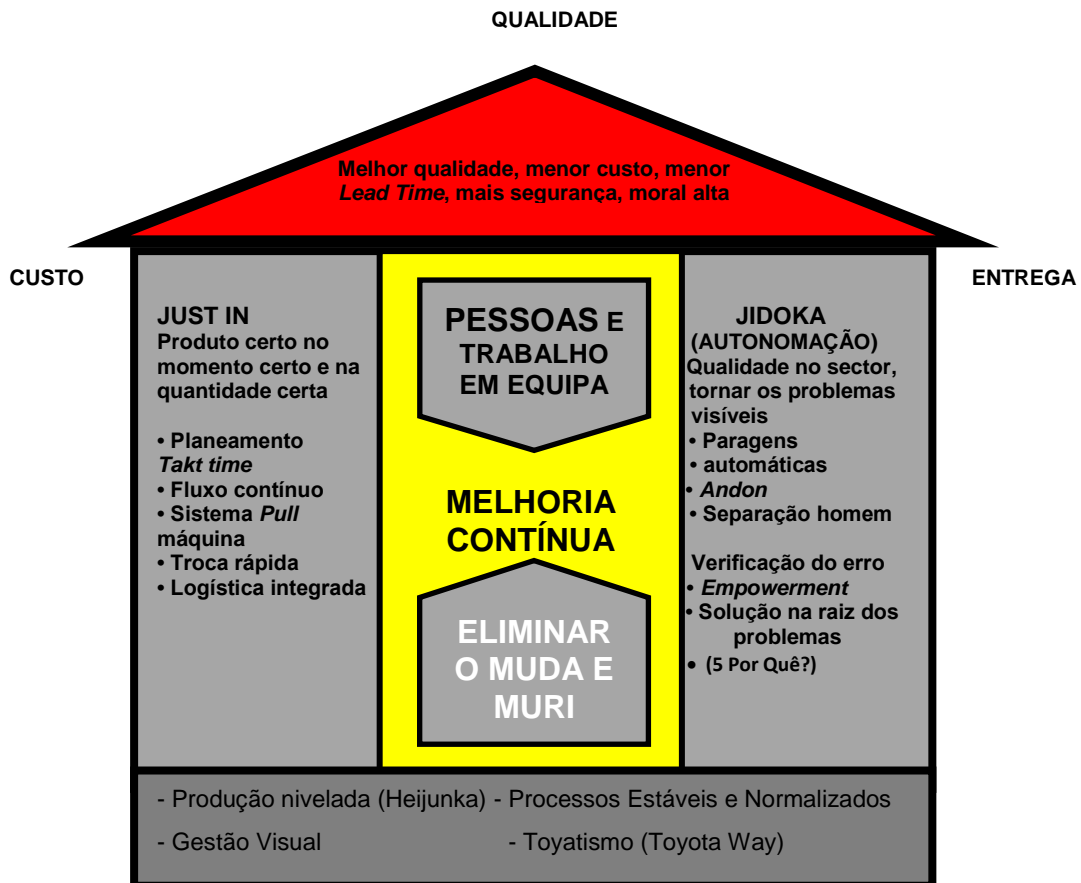


Figura 2 - Casa do TPS (adaptado de Liker, 2004)

2.2.1 EVOLUÇÃO - LEAN PRODUCTION

Para tentar resolver os problemas, Ohno resolveu implementar a técnica dos 5 *Why*?

Esta técnica foi usada na fábrica de tecelagem para ajudar a descobrir a raiz do problema e realizar as devidas correções. Por trás da “causa” de um problema, está escondida a causa real sendo necessário descobrir essa causa. Para isso, deve-se repetir “porquê” cinco vezes, caso contrário as medidas de resolução da causa do problema não podem ser implementadas e os problemas não serão verdadeiramente resolvidos (Ohno, 1997). O TPS tem sido construído com base na prática e na evolução desta abordagem.

A *Lean Production* teve a sua origem na empresa Toyota nos finais da segunda Guerra Mundial com a implementação do TPS (Monden, 1998).

Este termo, *Lean Production*, foi utilizado pela primeira vez por um investigador, John Krafcik, do International Motor Vehicle Program (IMVP) do Massachusetts Institute of Technology (MIT), numa publicação, para designar o TPS e por este usar “menos de tudo” na produção, comparado com o sistema de produção em massa. Representa menos esforço humano, menos espaço fabril, menos investimento em ferramentas, menos horas de desenvolvimento de um novo modelo, menos *stocks*, menos custos associados (Womack et al., 1990).

A designação *Lean Production* foi, posteriormente, divulgada através do livro “*The machine that changed the world*” dos autores James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, que a utilizaram para denominar o TPS.

Os resultados da TMC comprovam o sucesso da filosofia *Lean Thinking*. Tem sido a empresa de referência, servindo de *benchmark*, em áreas como:

- Produtividade e Qualidade;
- Eficiência e Rapidez;
- Rentabilidade.

A sua estratégia tem sido orientada por:

- Atuar como empresa global;
- Dar importância à segurança e ao ambiente;
- Ser um líder em tecnologia e serviço ao cliente;

- Contribuir para o desenvolvimento dos países onde opera;
- Respeitar o colaborador e a equipa como um todo;
- Aplicar uma gestão global e eficiente;
- Estabelecer relações com parceiros locais.

2.3. LEAN THINKING

Na atualidade, o preço deixou de ser controlado pelas empresas. A única forma de garantir a margem de lucro é controlar a gestão de custos de suporte, logísticos e operacionais.

Para isso, é necessário dar ainda mais valor ao colaborador e às relações colaborador-empresa e assim, foram implementados princípios internos de cooperação, flexibilidade integrada e benefícios para ambos, cimentando relações para a filosofia *Lean* se desenvolver e se aperfeiçoar (Womack et al., 1990).

Os autores Liker e Maier (2004), passaram a defender, para além da eliminação dos desperdícios, a criação de valor do produto ou serviço para o cliente – *Lean Thinking*. A base desta filosofia foca-se no aumento da competitividade das organizações e, por sua vez, na necessidade de diminuição dos seus consumos, canalizando o essencial para as tarefas principais, tendo como objetivo acrescentar valor ao produto ou serviço. Ou seja, eliminar desperdícios e criar valor (Monden, 1998). A filosofia de pensamento magro (*Lean Thinking*) apareceu como um sistema de gestão, cujo objetivo tem sido o desenvolvimento de processos e sistemas, tendo em conta:

- A contínua eliminação do desperdício em toda a organização;
- A contínua criação de valor para todas as partes interessadas (*stakeholders*).

Pode-se afirmar como sendo um desafio que se coloca a todas as empresas, uma vez que esta abordagem tem a ver com a satisfação do cliente.

O *Lean Production* evoluiu assim para uma filosofia de pensamento, o *Lean Thinking* (Womack e Jones, 2003).

2.3.1 PRINCÍPIOS LEAN THINKING

O *Lean Thinking* assenta em cinco princípios fundamentais que se descrevem de seguida.

VALOR

Valor é definido, exclusivamente, pelo cliente e a criação de valor é a razão para a existência de qualquer organização.

A dificuldade em definir corretamente Valor decorre de uma certa acomodação de quem produz, por quererem produzir apenas o que já é produzido, e dos consumidores, por quererem apenas variações do que já existe (Womack e Jones, 2003).

CADEIA DE VALOR

Identificação de todas as atividades de um produto para detetar os desperdícios em cada processo e implementar ações para eliminá-los, criando assim um novo fluxo de valor otimizado (Rother e Shook, 1998)

FLUXO CONTÍNUO

O fluxo produtivo deve ser contínuo, sem a criação de *stocks* intermédios, reduzindo assim o *lead time* e aumentando a qualidade.

SISTEMA PULL

Produzir de acordo com as encomendas ou com a procura, ou seja, é produzido apenas o necessário, quando é necessário (*just-in-time* - JIT domina o

just-in-case - JIC). Assim, é possível também controlar e reduzir a quantidade do produto em processo (WIP) e a acumulação de *stocks* entre os processos.

PROCURA DA PERFEIÇÃO

Ao interagirem entre si, os princípios atrás referidos criam um círculo de melhoria contínua e um fluxo de valor que expõe os desperdícios ocultos na cadeia, podendo então ser removidos (Silva, 2009).

Não se pode esquecer que a procura da perfeição tem sido o caminho desta filosofia, sendo as opiniões do “cliente” importantes para essa melhoria contínua.

A figura 3 mostra um ciclo contínuo com os 5 princípios *Lean Thinking*.

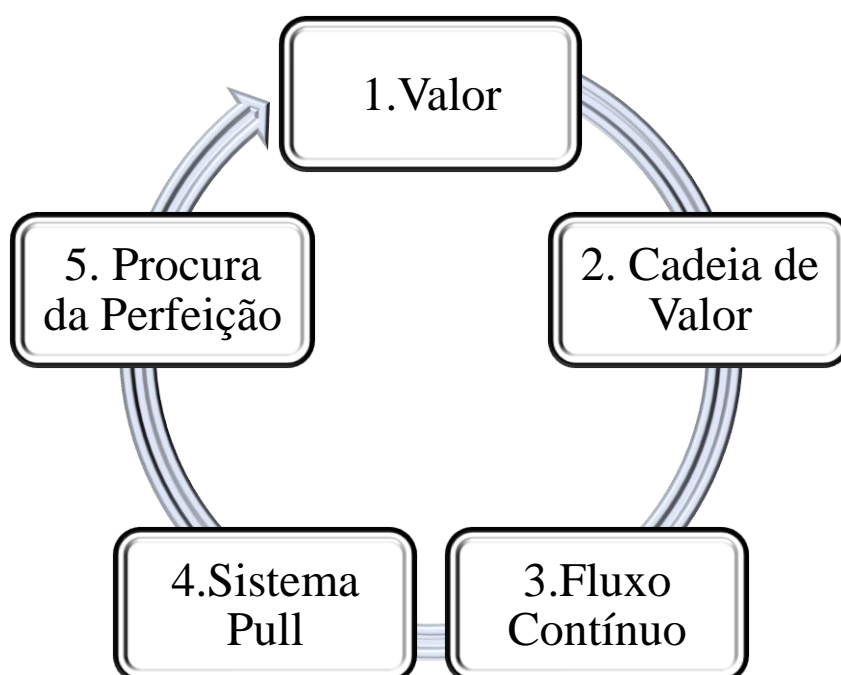


Figura 3 – Princípios do *Lean Thinking* (adaptado de Maia, 2011)

Em 2003, Womack e Jones fundamentaram mais dois princípios no livro *Lean Thinking: Reduce Waste and Create Wealth in Your Corporation*, uma vez que os anteriores não contemplavam toda a abrangência da evolução do *Lean Thinking*.

CONHECER OS STAKEHOLDERS

Têm de ser envolvidas todas as partes interessadas (clientes, colaboradores, investidores, fornecedores e comunidade).

INOVAR SEMPRE

A evolução do conhecimento e das necessidades da nossa sociedade tem revelado outras necessidades dos consumidores e, por tal razão, tem surgido a oportunidade de desenvolver novos produtos ou novas soluções.

A figura 4 apresenta de forma resumida a versão mais completa dos princípios *Lean* que engloba os sete pontos referidos anteriormente.

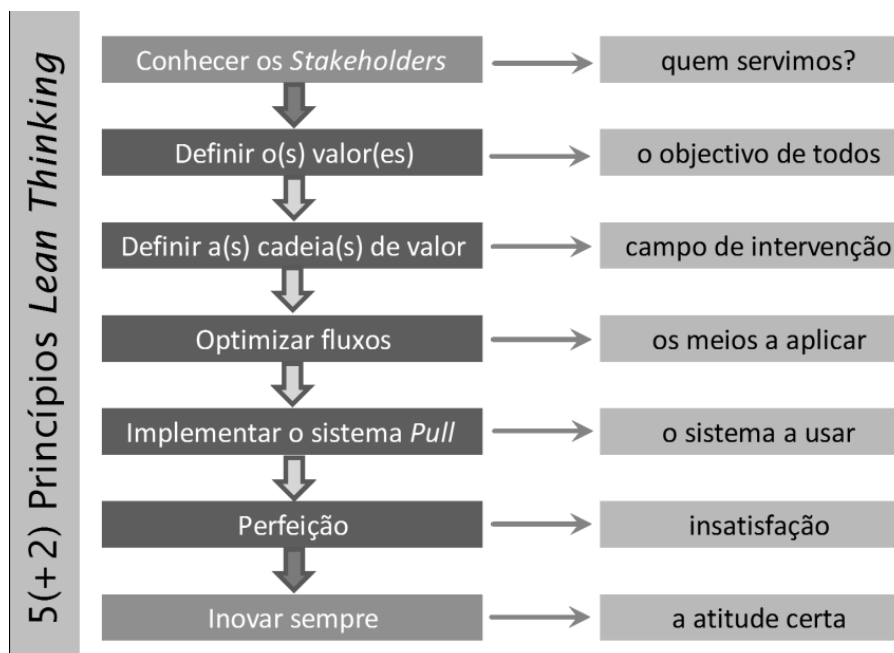


Figura 4 – (5+2) Princípios *Lean Thinking* revistos (adaptado de CLT, 2008)

2.4 DESPERDÍCIOS

Após a clarificação do conceito de valor, torna-se mais fácil definir desperdício (*muda*, em japonês), pois este último é tudo aquilo que consome tempo e recursos e não gera valor (Womack e Jones, 2003; Pinto, 2009b).

A título de exemplo, Womack e Jones (2003) e Pinto (2008) referem que, em média, 95% do tempo despendido pelas organizações refere-se a atividades que não criam valor. Assim, classificam as atividades das organizações em 3 tipos:

- As que adicionam valor, 5%;
- As que não adicionam valor, 60-65% (puro desperdício). Devem ser as primeiras a ser eliminadas;
- As que não adicionam valor, embora necessárias, 30-35% (desperdício, embora necessário). Mais difíceis de eliminar.

De uma forma simples, desperdício é qualquer atividade que absorve recursos mas não cria valor (Womack e Jones, 2003).

O principal objetivo da *Lean Production* deve ser a eliminação das atividades que não acrescentam valor aos produtos (desperdícios).

Todos os desperdícios apenas adicionam custos e tempo, por isso, todo o desperdício é um sintoma e não a causa do problema (Ohno, 1997).

Ainda de acordo com Ohno (1997), deve-se eliminar o desperdício porque este é inimigo das organizações e não deve ser passado para os clientes.

Se o significado de “defeituoso”, para além de peças defeituosas, também tiver incluído trabalho com defeito, então o significado da expressão “produtos 100% livres de defeitos” torna-se mais clara. Por outras palavras, a normalização insuficiente pode criar desperdício (*muda*), inconsistência ou irregularidade (*mura*), e despropósito ou irracionalidade (*muri*) (Ohno, 1997). Na figura 5 podemos verificar exemplos de *Muda*, *Mura* e *Muri*.

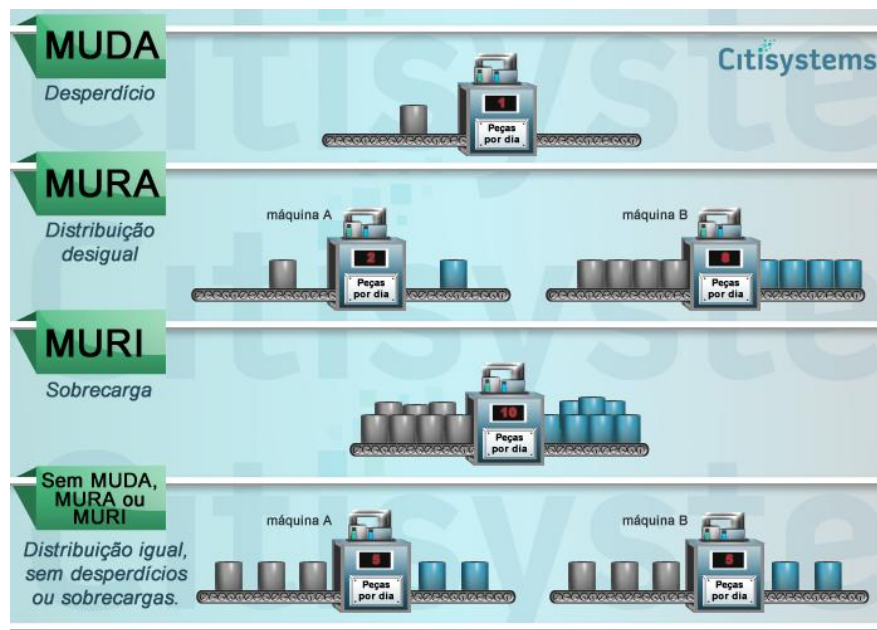


Figura 5 – Exemplo de *Muda*, *Mura* e *Muri* (adaptado de Citisystems, 2013)

De seguida, podemos ver a sistematização de todas as atividades que geram desperdícios (*Muda*) (Ohno, 1997 e Shingo, 1985).

SUPERPRODUÇÃO

Produção de quantidades superiores às necessidades, antes de ser necessário. Este desperdício pode gerar outro tipo de desperdícios.

TEMPO DE ESPERA

Tempo que ocorre quando duas tarefas ou dois processos que dependem um do outro não estão totalmente sincronizados, ou, quando operadores necessitam de observar as máquinas enquanto elas se encontram em funcionamento. Ou seja, consiste em tempos de espera de materiais, documentos ou máquinas.

TEMPO DE TRANSPORTE

Movimentação de produtos devido a *layouts* deficientes ou movimentação de peças originadas da superprodução.

STOCK DE MATERIAIS

Stock de peças de superprodução ou *stock* de peças defeituosas ou de materiais que não se vão consumir.

PROCESSAMENTO

Executar processos que não adicionam valor ao produto ou oferecer mais qualidade do que é necessário.

MOVIMENTAÇÃO

Deslocação de pessoas ou máquinas que não acrescenta valor ao produto. Frequentemente, ocorre por falta de organização no trabalho ou falta de ergonomia do posto de trabalho.

PRODUZIR PRODUTOS DEFEITUOSOS

Produção de peças defeituosas não acrescenta valor ao produto e aumenta os custos de fabrico. O cliente não paga peças defeituosas.

Adicionalmente pode-se considerar um oitavo desperdício (ver figura 6): o não aproveitamento da criatividade dos operadores (Shingo, 1985; Liker, 2004).



Figura 6 – Origem do desperdício: 8 tipos de desperdício (adaptado de Sebrosa, 2008)

CRIATIVIDADE DESPERDIÇADA

Perda de tempo e, logicamente, falta de envolvimento dos colaboradores para futuras melhorias.

Os cinco princípios do *Lean Thinking* vão permitir reduzir/ eliminar os desperdícios atrás referidos.

Ohno (1997) colocou da seguinte forma: “*All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash. And we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.*”

2.5 FERRAMENTAS LEAN

Na última década, os princípios *Lean* têm-se difundido em variadíssimas indústrias, deixando portanto de ser apenas “exclusivo” da indústria automóvel e aeroespacial, passando a ser parte integrante das pequenas e médias indústrias.

Neste capítulo, não se pretende fazer uma análise exaustiva de todas as ferramentas, mas sim daquelas que se utilizam na Riastone, e das utilizadas neste trabalho.

2.5.1 CONTROLO DE GESTÃO VISUAL

Os sistemas de controlo visual podem ajudar a obter um ambiente mais estimulante e motivador, pois facilitam a colaboração de todos colaboradores, no processo de discussão e resolução dos problemas dentro de uma organização.

Nesse sentido, tem sido um processo de apoio ao crescimento da eficiência e eficácia das operações, tornando o que é importante mais visível, mais lógico e mais intuitivo, uma vez que pode dar informação sobre os processos produtivos, instruções de trabalho, manutenção, identificação de desperdícios ou problemas escondidos.

Os sinais visuais colocados no gembá (chão de fábrica) podem aparecer em diferentes formas, como cartões *kanban*, num quadro colocado no chão ou eletrónico, marcas pintadas no chão, paredes ou em semáforos. A informação visual deve ser o mais simples possível para que o operador perceba e receba a informação necessária, sem dúvidas e sem hesitações.

Ao usar a ferramenta dos 5 S's, pode-se verificar a sua importância para a implementação da gestão do controlo visual.

2.5.2 5 S's

A ferramenta dos 5 S's tem sido uma prática de gestão do ambiente de trabalho, mantendo-o limpo, organizado e funcional; bem como, facilitar o controle visual de futuras implementações *Lean*.

Esta ferramenta, apesar de ter a possibilidade de diminuir os desperdícios e aumentar a produtividade, também serve para dar ajuda na diminuição da ocorrência de erros, defeitos e riscos para os operários.

Segundo o estudo que foi realizado pela Toyota e Honda, foi concluído que 25% a 30% dos defeitos de qualidade podem estar diretamente relacionados com a segurança, limpeza e ordem no posto de trabalho (Henderson, 1999).

Os objetivos da implementação, segundo Monden (1998):

- Melhorar a qualidade dos produtos/ serviços;
- Desenvolver o trabalho em equipa com mais eficácia;
- Aumentar a produtividade;
- Dar ênfase à segurança;
- Preparar o ambiente para a melhoria contínua;
- Reduzir a taxa de avarias.

CARACTERIZAÇÃO DE CADA "S"

Conforme figura 7, a ferramenta 5 S's deve o seu nome a cinco palavras japonesas, iniciadas pela letra S: *Seiri* (Arrumar), *Seiton* (Organizar), *Seiso* (Limpar), *Seiketsu* (Normalizar) e *Shitsuke* (Manter).

Mas pode ser dividida em duas fases: (Courtois et al., 2006)

- **Elevação ao nível adequado:** *Seiri*, *Seiton* e *Seiso*;
- **Manutenção do nível atingido:** *Seiketsu* e *Shitsuke*.

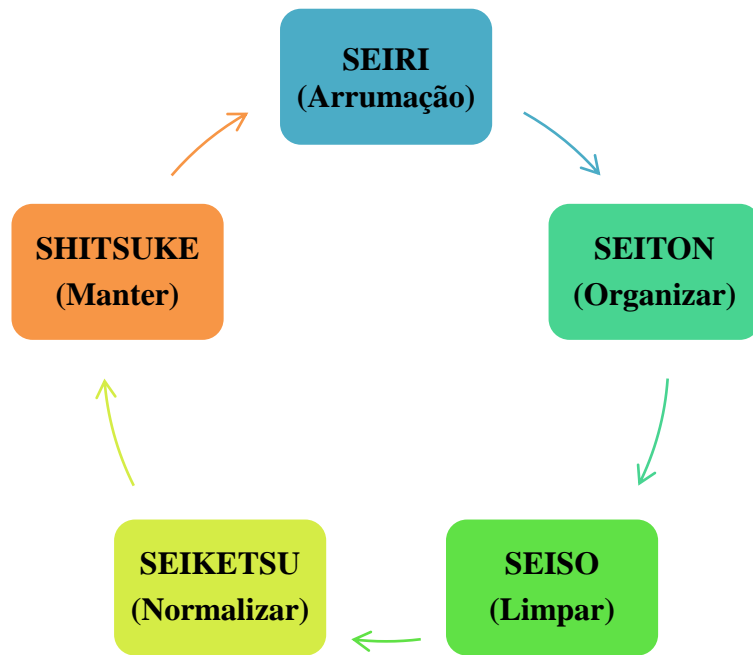


Figura 7 – Ferramenta 5 S's (adaptado de Liker, 2004)

SEIRI (SENDO DE UTILIZAÇÃO)

Esta etapa consiste em fazer uma operação de triagem, em que se separa o necessário do desnecessário. Depois de se retirar o que não é necessário, vai existir libertação de espaço para os operadores trabalharem e inspecionarem o seu trabalho.

Por norma, utiliza-se um sistema de classificação do tipo A, B, C (para o que é necessário), uma vez que o desnecessário deve ser removido:

- A: Corresponde à utilização diária;
- B: Corresponde à utilização mensal;
- C: Corresponde à utilização rara (raramente).

Por isso, deve ser mantido em zonas de trabalho o que é usado diariamente, os restantes, B e C, têm que estar noutra zona, para verificação de que realmente vão ser utilizados, dentro de uma data acordada, caso contrário devem ser retirados.

SEITON (SENSO DE ORGANIZAÇÃO)

Para evitar movimentos desnecessários, deve ser facilitada a identificação e localização das ferramentas e materiais necessários para a realização da tarefa. Esta etapa é considerada muito importante para a aplicação de um sistema de produção *pull*, pois tudo passa a ter um lugar definido para que as operações possam ser mais rápidas, em que se possa eliminar desperdícios e melhorar a qualidade.

SEISO (SENSO DE LIMPEZA)

Depois de serem realizadas as etapas *Seiri* e *Seiton*, deve ser mantido o local o mais limpo possível, com todas as ferramentas e acessórios nos respectivos locais. Num local limpo, pode ser mais fácil verificar anomalias no processo.

SEIKETSU (SENSO DE NORMALIZAÇÃO)

As práticas de trabalho e a organização do espaço devem ser normalizadas, através de procedimentos de trabalho, para que seja respeitado esta nova maneira de trabalhar. São necessárias auditorias mais frequentes do supervisor na implementação desta mudança de paradigma.

SHITSUKE (SENSO DE AUTO-DISCIPLINA)

Esta etapa tem de ser o culminar das 4 fases anteriores, e deve representar responsabilidade, educação e respeito dos procedimentos normalizados, para que todos tenham benefício (empresa e colaboradores). É neste ambiente que o trabalho de equipa progride, para que o ambiente de melhoria contínua se difunda pelas empresas.

A tabela 4 pretende evidenciar o potencial desta ferramenta na melhoria contínua, mostrando as 5 etapas.

Tabela 4 - Resumo da ferramenta 5 S's (adaptado de Ferreira, 2012)

Designação		Atividade	Resultado a obter	Frases utilizadas
Japonês	Português			
Seiri	Arrumar	Remover itens desnecessários do local de trabalho	Libertação de espaço	Em caso de dúvidas, não utilizar
Seiton	Organizar	Colocar tudo no local certo para ser utilizado	Aumentar a produtividade e melhorar a qualidade	Tudo tem o seu lugar
Seiso	Limpar	Limpar e eliminar a fonte de desperdícios	Motivação de trabalhar num local limpo e arrumado	Inspeccionar através de limpeza
Seiketsu	Normalizar	Tornar rotina e estabelecer normas para as melhores práticas	Todos podem trabalhar da mesma maneira	Tudo está pronto a ser usado
Shitsuke	Manter	Controlo da aplicação dos 4S anteriores	Mudança de mentalidades	A auto-disciplina para manter o processo 100% activo

Courtois et al. (2006) e Hirano (2009) defendem que esta ferramenta deve ser aplicada em grupo, trabalhando as 5 etapas, para que todos se preparem para uma nova maneira de trabalhar (motivação). Deve haver formação no gembu (definir uma zona de implementação) e deve ser criado um grupo para iniciar, para depois ser implementado na organização.

Os membros do grupo piloto têm de acreditar na mudança, pois só assim a motivação vai crescer em todos os colaboradores, e só assim a organização tem benefícios, que segundo os mesmos autores, são:

- Diminuição de defeitos de produção, que vai proporcionar a diminuição dos custos e o aumento da capacidade produtiva;
- Diminuição de acidentes de trabalho;

- Aumento da produtividade devido a não existir perda de tempo à procura de ferramentas, acessórios e materiais, e por tal razão o operador faz mais em menos tempo;
- Maior satisfação dos clientes;
- Diminuição das não conformidades;
- Uma maior rapidez na visualização dos problemas;
- Maior satisfação das pessoas para com o trabalho, uma vez que o ritmo de trabalho passa a ser constante, e por isso sentem-se menos fatigadas.

A figura 8 mostra os benefícios obtidos com a implementação da ferramenta 5S's.

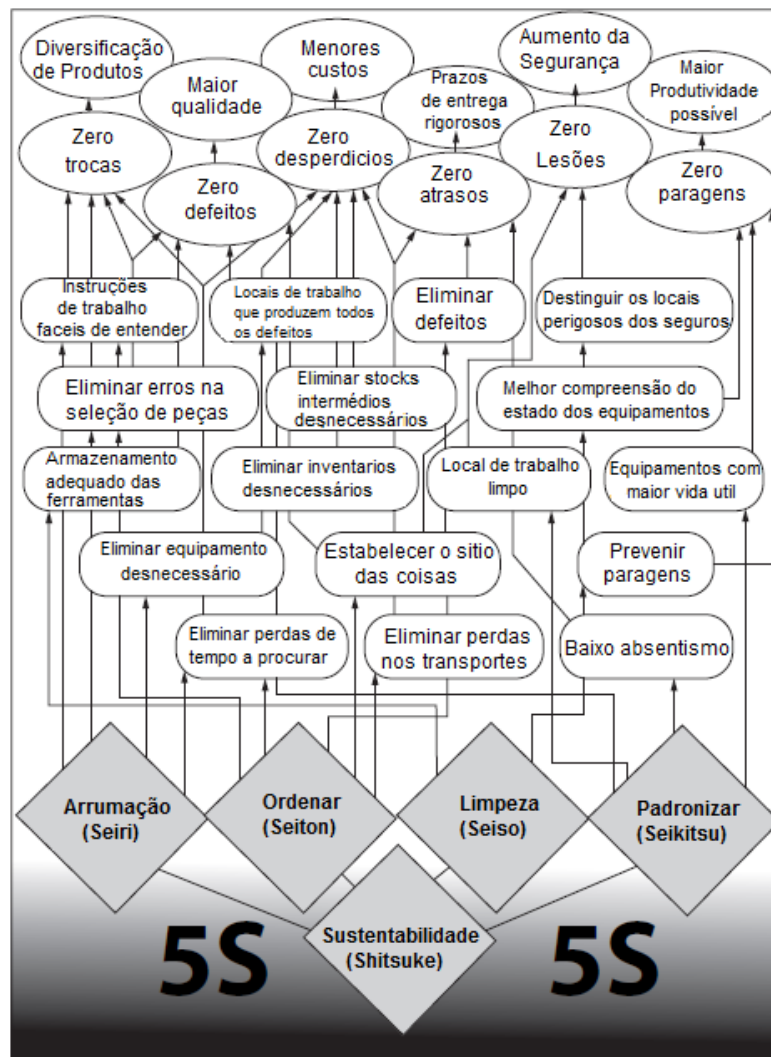


Figura 8 – Benefícios obtidos da implementação dos 5S's (adaptado de Hirano, 2009)

2.5.3 KANBAN

Kanban (sinal em português) é um dispositivo sinalizador que pode dar autorização ou instruções para o abastecimento de produtos, num sistema *pull*.

A palavra *kanban*, segundo Womack e Jones (2003), é um pequeno cartão anexado a caixas de peças que regula a produção no TPS pela sinalização a montante da produção e da entrega.

Este sistema teve inspiração nos supermercados (Shingo, 1985; Monden, 1998) e considera dois tipos de *kanban*: ordem de produção e de requisição.

A filosofia desta ferramenta mantém-se semelhante ao que foi desenvolvido por Onho.

O sistema *kanban* permite coordenar a produção e a movimentação de materiais entre os diferentes postos de trabalho, baseando-se no princípio de que nenhum posto de trabalho é autorizado a produzir sem que o posto de trabalho a jusante o autorize.

2.5.4 SMED - SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE

SMED significa *Single-Minute Exchange of Die* e é uma metodologia utilizada para reduzir os tempos de uma mudança (tempo de *setup*) de um equipamento ou processo.

O tempo de *setup* é o tempo despendido na mudança de uma máquina, entre a última peça antes da mudança e a primeira peça boa depois da mudança.

"The term refers to a theory and techniques for performing setup operations in under ten minutes, i.e., in a number of minutes expressed in a single digit." (Shingo, 1985).

ORIGEM HISTÓRICA

O estudo desta metodologia esteve em evolução durante 19 anos, através da experiência e de estudos científicos realizados por Shigeo Shingo, e foi “refinada” na TMC (Shingo, 1985):

- Ao ter de resolver os problemas de falta de produtividade em prensas na fábrica da Mazda da Toyo Kogyo, em Hiroshima (1950), começou a identificar e a distinguir as tarefas externas (tarefas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento) das tarefas internas (tarefas que são, obrigatoriamente, realizadas com a máquina parada);

- Na Mitsubishi Heavy Industries (1957), Shingo focou-se na duplicação de ferramentas de modo a agilizar o processo de preparação, e assim conseguiu um aumento de 40% na produção;

- Em 1969, foi convidado pela Toyota Motor Company, onde teve oportunidade de melhorar esta ferramenta *Lean* (Shingo, 1985).

A exigência que foi feita a Shingo, depois de ter diminuído o tempo de *setup* de 240 para 90 minutos, foi a de encontrar uma solução para conseguir que esse tempo fosse de 3 minutos (a Volkswagen conseguia fazer em menos de duas horas).

Foi nesta fase que Shingo se sentiu empolgado para resolver o desafio que a Toyota lhe tinha proposto, e por isso, pensou em desenvolver novas práticas de mudanças de ferramentas, focado na diminuição dos tempos e na simplificação dos processos.

Shingo teve a ideia de transformar tarefas internas em tarefas externas e ao fim de um longo trabalho, com várias melhorias, o tempo de *setup* chegou aos 3 minutos.

Todas as técnicas que estão a ser aplicadas na Toyota foram desenvolvidas internamente, à exceção do SMED, que teve a participação do consultor Shigeo Shingo (Womack e Jones, 2003).

Diminuir o tempo de *setup* implica diminuir custos e naturalmente ganhar a possibilidade de produzir pequenos lotes (Shingo, 1985).

Ao realizar as primeiras análises sobre o TPS, Monden (1998) veio a afirmar que o sistema de Shingo, além de ser um conceito inovador (genuinamente japonês), poderia ser difundido no mundo.

A metodologia de Shigeo Shingo (SMED) foi publicada, pela primeira vez, no Ocidente em 1985, e é a referência principal quando se trata de redução dos tempos de *setup* de máquinas.

As organizações, para enfrentarem as pressões do mercado global, não esquecendo as várias crises económicas, têm sido obrigadas a diminuir os custos, e por conseguinte, tentar fazer mudanças para aumentar a frequência do *setup*, objetivando a diminuição de *stocks* e a diminuição do *lead time*, sem esquecer a sua flexibilidade perante os clientes.

DESCRIÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SMED

Existem 4 fases conceptuais da aplicação da metodologia SMED (Shingo, 1985):

- **Fase Preliminar ou fase 0: *Setup* Interno e Externo não se distinguem**

Nesta fase, não se consegue distinguir a diferença entre tarefa interna (IED - *Input Exchange of Die*) e externa (OED - *Output Exchange of Die*), e por isso muitas atividades são realizadas com a máquina parada (*setup* interno), em vez da mesma estar em funcionamento (*setup* externo), aumentando o tempo de mudança (*setup*).

Para se iniciar o SMED deve ser feita uma análise às condições reais do chão da fábrica (*gemba*), sendo necessário recolher uma lista com todas as tarefas, ferramentas, operadores e parâmetros para o funcionamento da máquina.

A análise das tarefas, por meio do estudo de tempos e movimentos, vai ser determinante para a composição dos tempos de *setup*. Uma das formas de obter

essa análise pode ser através de entrevistas aos operadores, usar o cronómetro e/ ou realizar vídeos, para depois se verificarem e analisarem os tempos de *setup*.

- **Fase 1: Separação do *Setup* Interno e Externo**

É considerada a etapa mais importante, uma vez que é nesta altura que se deve distinguir e separar as tarefas internas das externas.

Se for realizado um esforço científico para executar o máximo de *setup* externo, então o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%.

“No *setup* interno, somente a remoção e inserção das ferramentas devem ocorrer. Já no *setup* externo, as matrizes, ferramentas e materiais devem estar preparados para a inserção na máquina” (Shingo, 1985).

- **Fase 2: Conversão do *Setup* Interno em Externo**

Nesta fase, devem ser transformadas as tarefas internas em externas, ou seja, deve-se analisar as operações de *setup* interno com o objetivo de as converter em externo.

Por outro lado, deve-se confirmar se a tarefa continua a ser interna ou encontrar formas de converter os seus passos em *setup* externo. Para que isto aconteça, é necessário normalizar as atividades que necessitam de alteração, para se poder realizar o máximo de trabalho com a máquina em funcionamento.

- **Fase 3: Melhoria sistemática dos aspetos das operações de *Setup***

O objetivo é diminuir o tempo das tarefas externas. Para isso, a procura da melhoria não se resume somente à máquina, mas a tudo o que é relacionado com a mesma.

Uma vez que vai ser necessário uma análise detalhada de cada operação elementar, deve-se repetir várias mudanças, para se encontrar formas de realizar o *setup* com menos tempo.

Além das fases atrás referidas, Shingo defende a necessidade de existirem procedimentos a serem seguidos para a sua implementação, tais como:

- Observar e analisar a situação inicial;
- Classificar tarefas internas e externas;
- Transformar as tarefas internas em externas;
- Diminuir a duração das tarefas internas;
- Diminuir a duração das tarefas externas;
- Diminuir os erros nas mudanças;
- Voltar ao início do processo e rever todos os procedimentos;
- Analisar todo o processo de forma contínua.

Enquanto Shingo tem caracterizadas 4 fases, o livro de Courtois et al. (2006) tem descritas 7 fases:

- Identificar as tarefas internas e externas;
- Transformar as tarefas internas em externas;
- Normalizar todas as funções;
- Utilizar fixadores funcionais (para diminuir o tempo de paragem da máquina deve-se usar técnicas inovadoras para a fixação dos componentes);
- Sincronizar todas as tarefas (para evitar perdas de tempo dos operadores envolvidos na mudança);
- Eliminar afinações (uso de gabaritos);
- Recorrer à automatização (avaliação custo-benefício).

Se se comparar o pensamento de outros autores, como Monden (1998) e Courtois et al. (2006), pode-se verificar a coincidência de pensamentos em três pontos:

- Separar as tarefas internas e externas;
- Transformar as tarefas internas em externas;
- Sistematização de todos os aspetos das tarefas de *setup*.

Deve-se ter em atenção as perdas de tempo depois da mudança, uma vez que o período de arranque ou afinações pode aumentar, se não forem cumpridos todos os procedimentos.

Durante a estabilização do equipamento as perdas podem ser difíceis de contabilizar devido à variabilidade do processo.

LEAN THINKING – SMED

Sendo o seu objetivo a redução significativa do tempo de mudança de produto/ serviço, vai possibilitar que os equipamentos se tornem mais flexíveis e o tamanho dos lotes diminuam de forma proporcional.

Por conseguinte, um *setup* mais rápido pode aumentar a sua frequência, trazendo benefícios às organizações: de qualidade, custo, flexibilidade, aumento da capacidade de produção e diminuição do *lead time* (Lopes et al, 2006), conforme o indicado na figura 9.

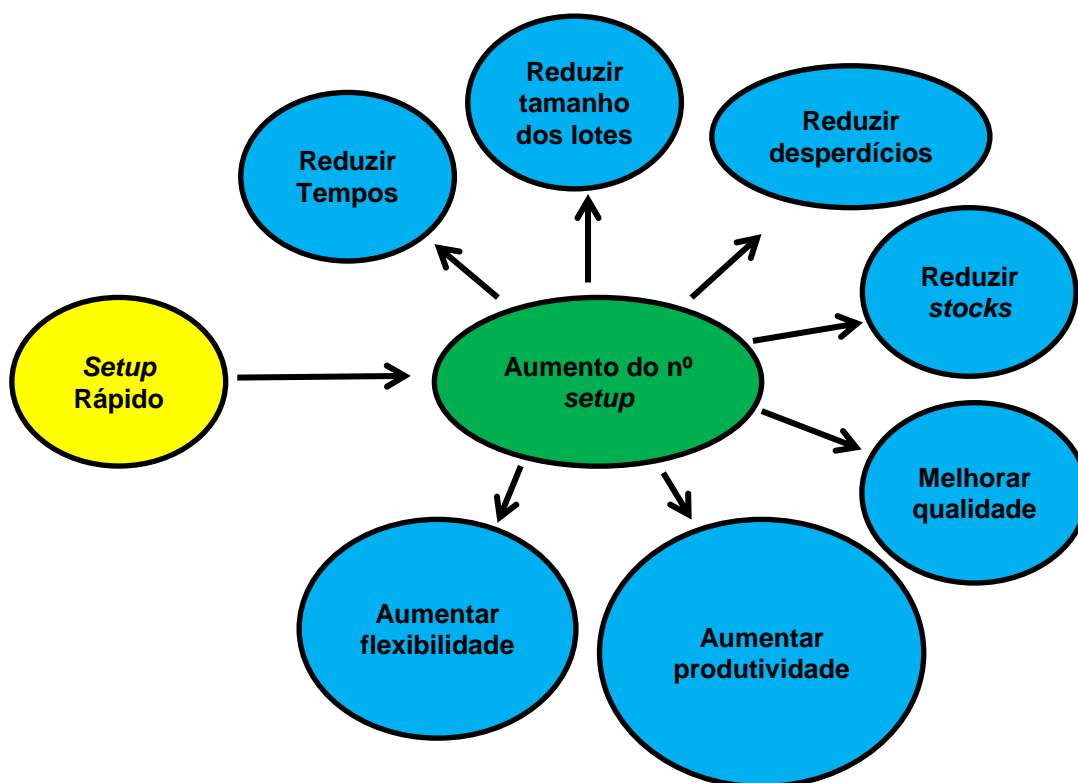


Figura 9 – Motivações para a redução do tempo de *setup* (adaptado de Lopes, 2006)

A metodologia SMED foi evoluindo junto com o pensamento *Lean Thinking*. Apesar de ter fundamentalmente o mesmo objetivo, podem-se verificar os seguintes procedimentos que o complementam:

- Formação da equipa de metodologia SMED;
- Análise da situação em *workshop* da situação inicial, filmagem do processo de mudança;
- Análise de operações de mudança, identificação de desperdícios e potenciais melhorias (ações);
- Definição e implementação do novo processo de mudança (criação de *standard*);
- Criação de um processo de melhoria contínua.

As etapas de atuação foram também atualizadas (Bernardo, 2014), conforme a figura 10.

- Etapa 0 - Trabalho de mudança não racionalizado: nesta fase pode-se verificar a ausência de método, tempo de preparação muito variável e não existe distinção entre trabalho (tarefa) externo e trabalho (tarefa) interno;
- Etapa 1 - Estudo do trabalho: deve-se registar e classificar os elementos de trabalho necessários, usar o cronómetro e fazer filmagens;
- Etapa 2 – Separar trabalho interno de trabalho externo: deve-se registar o trabalho antes da paragem da máquina, o trabalho a realizar com máquina parada e o trabalho a realizar após paragem;
- Etapa 3 - Transformar trabalho interno em trabalho externo;
- Etapa 4 – Reduzir o trabalho interno;
- Etapa 5 – Reduzir trabalho externo.

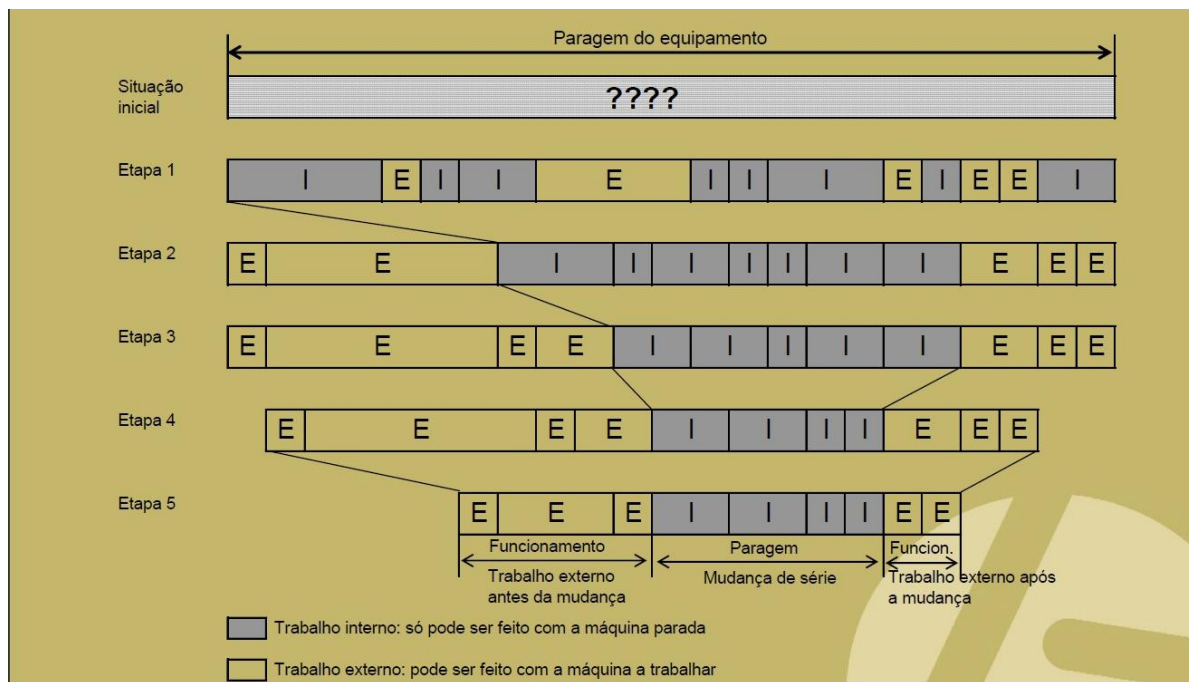


Figura 10 - Esquema das várias fases da metodologia SMED (adaptado de Bernardo 2014)

Neste capítulo foram apresentados os benefícios do aumento do número de *setups* e as etapas do SMED atualizado, assim como a aplicação desta metodologia permitir obter diminuições significativas nos tempos de *setup*, conforme vai ser falado nos próximos capítulos.

O aperfeiçoamento desta metodologia tem evoluído e por conseguinte Courtois et al., 2006, fazem referência a dois novos métodos:

- OTED (*One Touch Exchange of Die*), que faz restrição à intervenção humana;
- NTED (*No Touch Exchange of Die*), que não tem qualquer intervenção humana e o tempo de *setup* tende para zero.

3 CASO PRÁTICO

3 CASO PRÁTICO

3.1 ORIGEM DA EMPRESA

Esta unidade fabril iniciou a produção em Abril de 2014, para fornecer as lojas da cadeia IKEA que se situam no Sul da Europa (Portugal, Espanha, França e Itália). Para fornecer a Europa do Norte foi construída uma unidade fabril na Roménia há cerca de 9 anos.

Este projeto teve como inovação produzir louça de mesa por um processo automático em monocozedura. Como tal, foi um projeto vencedor, se compararmos com os seus concorrentes diretos que apresentaram o mesmo projeto, mas em bicozedura. O manuseio de peças já chacotadas (1ª cozedura) seria muito mais simples do que o de peças cruas, mas o seu custo de produção é mais elevado. E foi este grande desafio que a Riastone colocou nas mãos do IKEA para aprovação. O IKEA encontrava-se numa situação muito difícil, pois a fábrica da Roménia já fabricava por bicozedura; mas os ensaios realizados na Vista Alegre foram esclarecendo as dúvidas aos técnicos do IKEA.

Neste momento, a Riastone está a produzir 2 linhas de mesa com o nome Dinera (Din) e Fargrik (Far), com uma terceira já em desenvolvimento, de nome Mendig.

3.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Riastone nasceu há 17 meses, situa-se na Zona Industrial da Mota, em Ílhavo, tem cerca de 180 colaboradores, em que 20 trabalham no horário diurno e os restantes 160 estão divididos por 4 turnos de 40 colaboradores cada. Estes 4 turnos trabalham em sistema de turnos rotativos.

Nesta empresa estão a ser produzidas peças para mesa (pratos, tigelas e travessas) em grés, pelo processo de monocozedura, para fornecer as lojas do IKEA situadas no sul da Europa.

3.3 PROCESSO PRODUTIVO

A Riastone recebe o pó atomizado de uma empresa externa, para ser consumido em 12 prensas isostáticas no fabrico de cerca de 102 000 peças/ dia. O pó (granulado) recebido vai ser armazenado em silos de inox e estes vão abastecer as prensas por um processo de aspiração. As peças prensadas são colocadas em tapetes e, depois, transferidas para paletes, por meio de ventosas. As referidas paletes vão ser armazenadas no armazém automático (AA) por meio de um carro automático (*shelf car*) e que também vai abastecer paletes vazias às prensas.

Depois do processo de prensagem segue-se o processo de vidragem de peças cruas. Mas antes é necessário produzir os vidrados de várias cores na secção de preparação de vidrados. Para tal, é importante armazenar as bases dos diferentes vidrados em silos (vidrado branco opaco, transparente e mate) e corantes, para depois se poderem misturar nas devidas proporções em turbo-diluidores.

A secção de vidragem é constituída por 5 linhas que vão ser alimentadas pelas peças que estão armazenadas no AA, por intermédio do *shelf car*. Quando se coloca a receita da peça que se vai vidrar em cada linha, o *shelf car* ao receber essa informação, vai abastecer o posto de alimentação de cada linha com duas paletes das peças pedidas.

Na figura 13 pode-se ver o fluxo de peças, desde o armazém automático, passando pela vidragem até à estação de carga das vagonas (EC). Também mostra o AA, assim como uma estação de três paletes que dá acesso à alimentação de uma das 5 linhas. Em cada estação existe um transfere com 6 ventosas, que vai retirar 6 peças em cada movimento e as vai colocar num tapete que dá acesso à linha de vidrar. As peças vão ser movimentadas desse mesmo tapete para o tapete que vai passar na vidragem (em circuito fechado), onde foram acopladas duas rodas de tração para poder dar rotação aos *spindles* (suportes para as peças), um sistema de centragem dos *spindles* e tubos de latão para encaixar os *spindles*. Tendo em conta a movimentação do tapete de alimentação e do tapete com os *spindles*, as peças vão passar por cima destes

cordões transportadores, situados entre os dois tapetes. Os *spindles* com as peças vão passar no meio das cabines de vidragem, com movimentos de rotação para receber o vidrado pulverizado por pistolas.

Cada linha de vidrar é constituída por 2 cabines, uma para ser usada na vidragem e outra para ser lavada conforme a necessidade. Cada cabine é constituída por 2 partes (cabine das pistolas e cabine do lado da exaustão) para facilitar a sua abertura e pode ter 4 ou 6 pistolas, acopladas lateralmente, para fazer a aplicação do vidrado por pulverização, dependendo da peça que se está a vidrar.

De seguida, as peças vidradas passam num tapete húmido para que seja retirado o vidrado do frete e são transportadas para uma estação de carga (EC) das vagonas do forno que, por intermédio de ventosas, as coloca em *seters* (placas de carboneto de silício). Posteriormente, os *seters* com as peças vão ser empilhados, e as pilhas vão ser transportadas para as vagonas, e estas transportadas para um dos fornos contínuos.

Depois da cozedura, as vagonas são transportadas para as estações de descarga (ED), sendo os *seters* transferidos para a EC e as peças para tapetes, para serem transportadas para a estação de polimento, estação de carimbo e escolha manual. De notar que só o processo de escolha é manual, todos os outros são automáticos.

Na figura 11, podem-se visualizar os produtos já cozidos da linha Fargrik, em branco brilhante.



Figura 11 - Linha Fargrik (tigela, prato de sopa, prato de sobremesa e prato raso)

Na figura 12, pode visualizar-se a linha Dinera em cinza mate.



Figura 12 - Linha Dinera (tigela, prato de sopa, prato de sobremesa e prato raso)

A escolhedora de cada linha tem de processar pilhas de 24 pratos, com um separador no meio de cada prato, e colocá-los num tapete. Estas pilhas vão ser colocadas numa paleta de plástico por intermédio de um robot que, depois de completada, vai ser transportada para um armazém dinâmico, através de um *staker*.

De acordo com as necessidades, as peças são embaladas em *open stock* ou em *sets*, sendo colocadas em paletes que depois são encaminhadas para o armazém de produto acabado (APA) e, logicamente, para os camiões, de acordo com as requisições do IKEA.

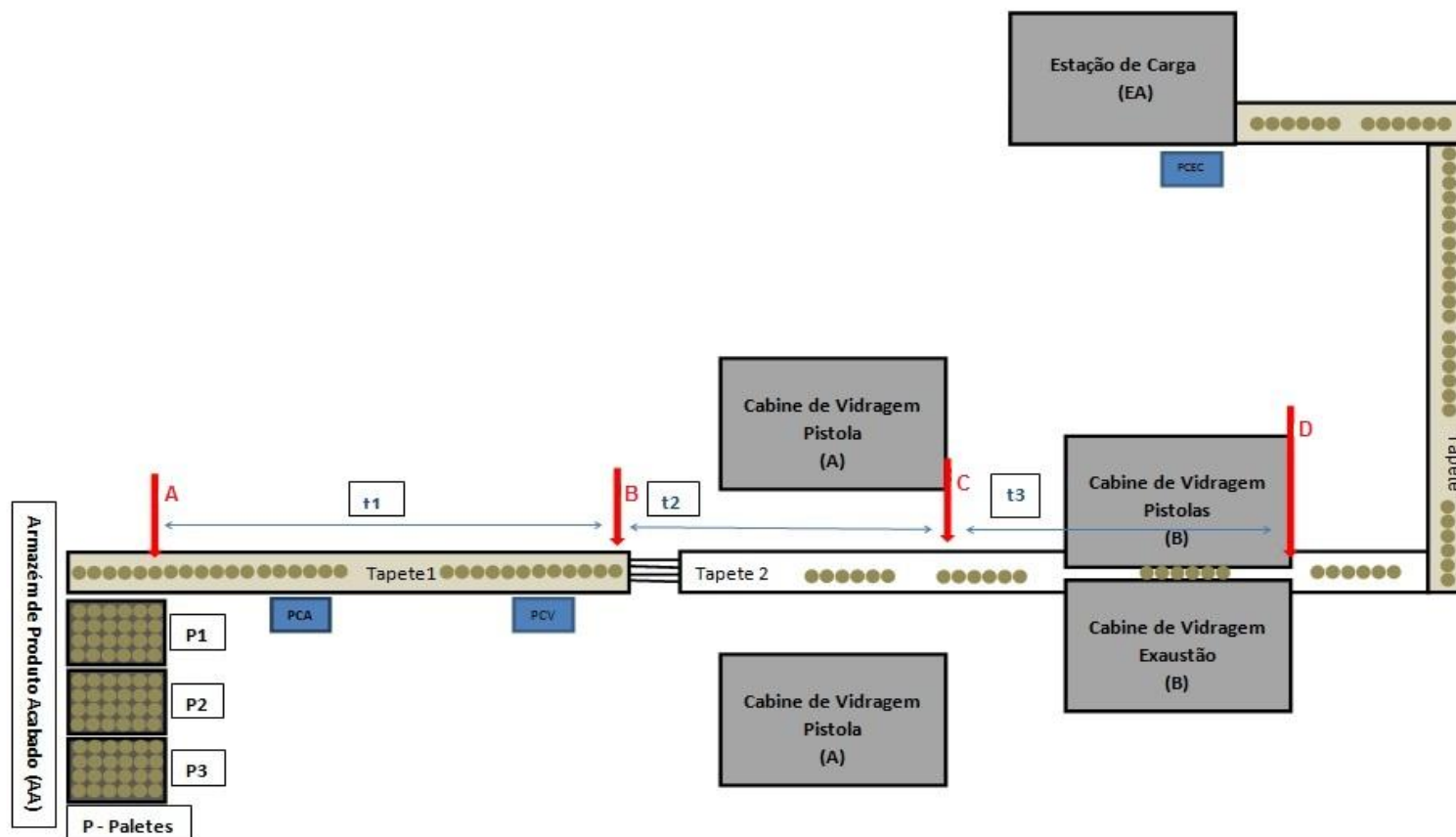


Figura 13 – Linha de vidragem

3.3.1 DESCRIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AFETOS ÀS LINHAS DE VIDRAGEM

A vidragem tem sido realizada em lotes de peças correspondentes à produção de 3 a 4 turnos, mas por vezes, estes têm que ser reduzidos consoante as necessidades do cliente. Assim, é essencial diminuir o tempo de *setup*, para poder aumentar o número de *setups*. Num futuro bastante próximo, será aumentado o número de cores e será iniciada a produção de mais uma coleção de 5 peças o que resultará numa diminuição da dimensão média dos lotes de peças a vidrar obrigando a *setups* muito mais rápidos, sendo este o fundamento deste projeto.

É, assim, necessário saber o tipo de peças que se podem vidrar em cada linha, o tipo de *spindles* e a sua quantidade para cada linha:

- A linha 1 (L1) pode vidrar tigelas (Din 14 e Far 16), pratos de sopa (Din 22) e pratos de sobremesa (Din 20), conforme a figura 14;



Figura 14 - Cabine de vidrar na Linha 1

- A linha 2 (L2) pode vidrar pratos de sopa (Din 22 e Far 24);
- As linhas 3, 4 e 5 (L3, L4 e L5) podem vidrar pratos rasos e de sobremesa (Din 26, Far 27 e Din 20 e Far 21), conforme a figura 15.



Figura 15 - Cabine de vidrar na Linha 3

A figura 16 mostra as 2 cabines da linha 3, em que uma está a vidrar (cabine A) e a outra (cabine B) encontra-se lavada e com as duas partes da cabine abertas. Esta linha está pronta a realizar a próxima mudança, que vai ser da cabine A para a vidragem na cabine B, conforme o fluxograma apresentado no Anexo XIII e figura 13.

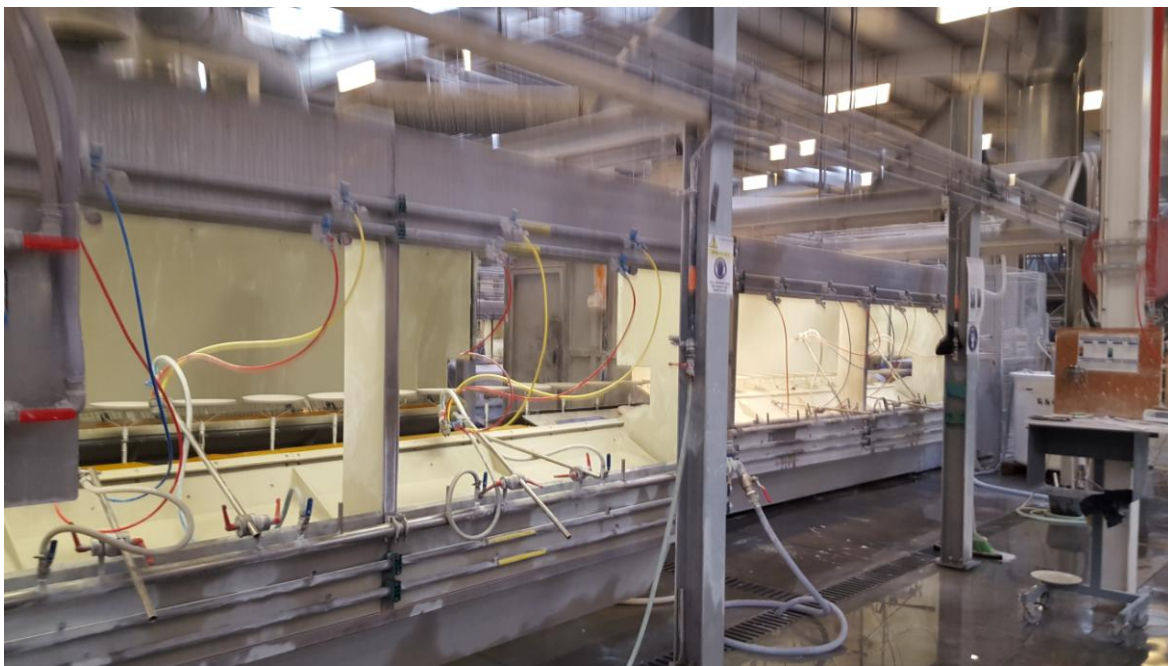


Figura 16 - Cabines de vidrar na Linha 3

Mediante o diâmetro do frete de todas as peças, foram definidos 3 tamanhos de *spindles*, que se encontram representados na figura 17:

- *Spindles* de tamanho grande (RAS), para os pratos rasos (Din 26 e Far 27);
- *Spindles* de tamanho médio (S), para os pratos de sobremesa (Din 20 e Far 21) e pratos de sopa (Din 22 e Far 24);
- *Spindles* de tamanho pequeno (T), para as tigelas (Din 14 e Far 16).

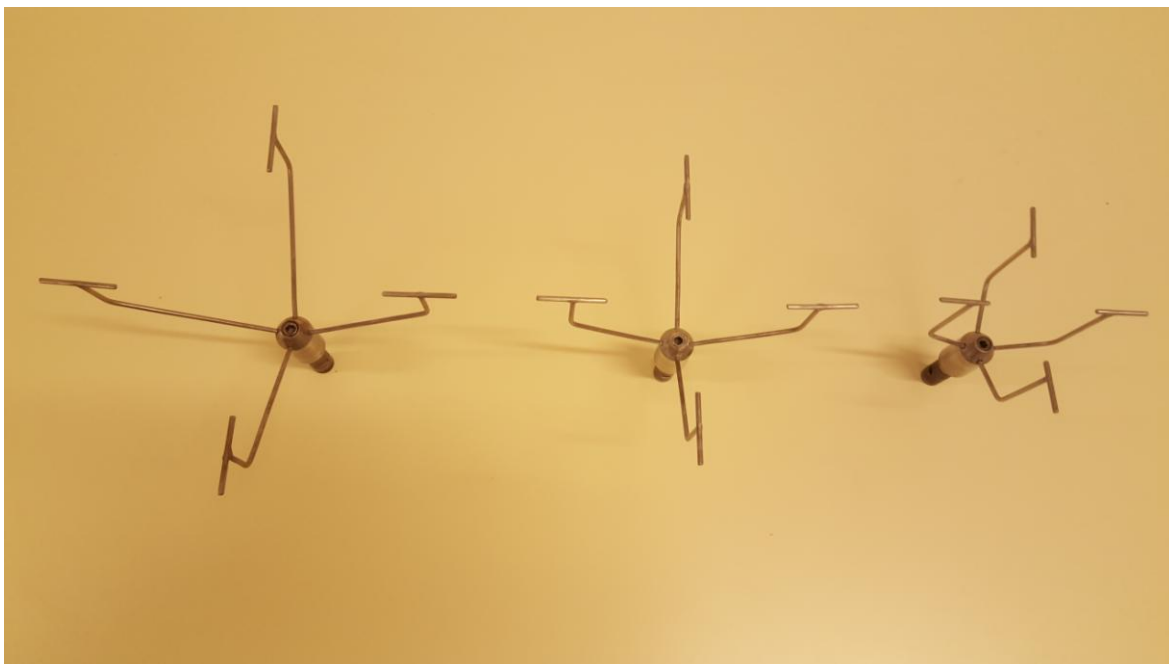


Figura 17 - Os três tamanhos de spindles

A quantidade de *spindles* distribuídos por cada tapete da vidragem é a seguinte:

- Linha 1 - 128 *spindles* de tamanho pequeno;
- Linha 1 - 128 *spindles* de tamanho médio (Din 20);
- Linha 1 - 65 *spindles* de tamanho médio, para vidrar o prato de sopa Dinera (Din 22). Devido ao tamanho deste prato só se pode colocar *spindles* intercalados.

Considerações Teóricas: Como o Din 20 usa os 128 *spindles* (S), foi considerado que o tempo de retirar e colocar os *spindles* (T) do Din 14 e Far 16 era igual ao do Din 20, apesar dos *spindles* médios (S) serem maiores. Isto para não ter duas versões que podem ser semelhantes. Porém, numa segunda fase, em que os procedimentos das mudanças estejam definidos, faz todo o sentido verificar se esta consideração faz sentido.

Impossibilidade: A mudança do Din 22 para o Din 20 ou vice-versa (na L1) ou a mudança do Din 22 para o Din 22, em casos de mudança de cor e/ ou de cabine (L1), não se pode realizar, porque a quantidade de produção de tigelas tem sido muito elevada e estas mudanças ainda não foram postas em prática. De

realçar que a vidragem do Din 22 não deveria ser feita nesta linha, uma vez que perde 50% da vidragem. Esta peça deverá passar a ser vidrada na L3, mas para isso é necessário que a altura entre dois *seters* seja maior.

- Linha 2 – podem ser colocados 92 *spindles* de tamanho médio;
- Linhas 3, 4 e 5 – podem ser colocados 92 *spindles* de tamanho médio ou grande.

Conforme explicação atrás referida, os *spindles* têm a função de apoio dos pratos para serem vidrados. Na figura 18, observam-se pratos vidrados sobre os *spindles*.



Figura 18 - Pratos vidrados sobre os *spindles*

Considerações Teóricas: Nas linhas 2, 3, 4 e 5 foi considerado que o tempo de retirar e colocar os *spindles* (S) do Din 20, Din 22, Far 21 e Far 24 era igual aos *spindles* (RAS) do Din 26 e Far 27. Isto, mais uma vez, para não serem consideradas duas versões que podem ser semelhantes. Naturalmente, esta situação deverá ser confirmada quando os procedimentos estiverem estabilizados.

3.4 SETUP DA LINHA DE VIDRAGEM

Depois de ter sido elaborada uma análise teórica relativamente aos temas deste projeto e uma breve apresentação da empresa e do processo, vai-se iniciar um capítulo de aplicação da metodologia SMED.

3.4.1 CONSTRUÇÃO DA LISTA COM AS TAREFAS NECESSÁRIAS

Apesar da Riastone estar a dar os primeiros passos, foi decidido pela administração iniciar a aplicação do SMED nas 5 linhas de vidragem para obter a diminuição dos tempos de *setup*.

Como não existia qualquer trabalho científico de *setup* nas linhas de vidragem, foi decidido recolher informação e dados consistentes em 3 períodos distintos:

- A - Antes da mudança (*setup*);
- B - Durante a mudança (*setup*);
- C - Depois da mudança (*setup*).

Como não se iniciou o subprojecto SMED GO LEAN na vidragem, como estava previsto pela empresa, acabou por se iniciar este trabalho apenas num turno e, assim, só estão disponíveis elementos do turno B.

Para fazer uma lista das tarefas a realizar, foi necessário recorrer ao uso de filmagens e cronometragens, para além do diálogo com os supervisores e operadores.

Com a informação recolhida conseguiu-se fazer uma lista única e detalhada de todas as tarefas que devem ocorrer (anexo I) nas três situações acima referidas:

A - Antes da mudança:

- Verificação da existência de *spindles* suficientes para a mudança e em bom estado (se não for suficiente, solicitar mais à manutenção);

- Colocar tina de vidro na cabine que vai receber a mudança;
- Colocar bomba dentro da tina de vidro;
- Colocar “grelhas” na cabine que vai receber a mudança;
- Verificar, lavar e desentupir as cabeças das pistolas;
- Ligar tubagens do vidro;
- Trazer os *spindles* para perto da cabine de vidro;
- Trazer recipiente para guardar os *spindles* que vão sair;
- Trazer caixa com molas de fixação dos *spindles*;
- Trazer chaves e acessórios para retirar os *spindles*.

B - Durante a mudança (de notar que, nesta fase, existem tarefas que necessitam de duas pessoas – 2P):

- Fechar circuito de vidro, depois da última peça ser vidrada (1P);
- Fechar circuito de ar comprimido, depois da última peça ser vidrada (1P);
- Retirar *spindles* da linha de vidragem (2P);
- Tanques lava garfos: descarregar água do vidro anterior, lavar e encher com água limpa (1P);
- Raspagem da cabine das pistolas (1P);
- Abrir cabine das pistolas (2P);
- Raspagem da cabine de exaustão + grelhas (2P);
- Abrir cabine de exaustão (2P);
- Lavagem da aparadeira (1P);
- Retirar *spindles* do carro para serem colocados na linha de vidragem (1P);
- Colocar *spindles* na linha de vidragem (2P);
- Lavagem do tapete central (correias + *spindles*) (1P);
- Fechar cabines para a próxima vidragem e fazer a troca de exaustão da cabine (2P);
- Ligar o ar comprimido e o circuito de vidro para as pistolas (1P);
- Mudança de receita no posto de controlo de alimentação das peças (PCA): preparação para a alimentação de pratos até à estação de controlo da vidragem (1P);

- Mudança de cor no posto de controlo da vidragem (PCV): preparação para a alimentação de pratos à vidragem (1P);
- Mudança de receita no posto de controlo na estação de carga (PCEC): preparação para as peças entrarem para os *setters* e, seguidamente, para as vagonas (1P);
 - Tirar *ballast* no PCEC (1P);
 - Movimentação do *transfer* para sugar e colocar as peças no tapete que dá acesso à vidragem (1P);
 - Primeiras seis peças para afinação da vidragem, retiradas do tapete manualmente (1P);
 - Alimentação de peças: desde a alimentação das peças (local A) até à alimentação da vidragem (local B) - (t_1). O t_1 é o tempo de transporte entre a 1ª peça das 6 peças que foram transferidas das paletes para o tapete 1 - local A e a paragem da mesma peça antes de ser transferida para a vidragem, tapete 2 (tapete com *spindles*) - local B (ver figura 13);
 - Centragem das peças, depois da cabine de despoeiramento (1P);
 - Colocar campânulas na linha (1P);
 - Afinação da aplicação do vidrado nas peças (1P);
 - Transporte das peças desde a alimentação da vidragem (local B) e da saída da cabine A (local C) - (t_2). O t_2 é o tempo de transporte de uma peça antes da entrada no tapete com *spindles* (local B) e a saída da cabine A (local C);
 - Transporte das peças desde a saída da cabine A (local C) e a saída da cabine B (local D) - (t_3). O t_3 é o tempo de transporte desde a saída da cabine de vidragem A até à saída da cabine B. Considera-se a primeira peça vidrada a que sair da cabine de vidragem B;
 - Ajuste dos *spindles* (1P).

C - Depois da mudança (1P):

- Retirar a bomba da tina de vidrado;
- Retirar a tina de vidrado da cabine que foi mudada;
- Lavagem do circuito do vidrado, pistolas e bomba;

- Fechar circuito;
- Verificar limpa fretes e limpeza do frete;
- Verificar se a peça continua a ter uma camada homogênea de vidrado;
- Verificar gramagem de vidro na peça, até estabilização;
- Colocar os *spindles* usados no recipiente;
- Trazer os *spindles* para o armazém;
- Trazer o recipiente de guardar os *spindles* para armazém;
- Trazer a caixa com molas de fixação dos *spindles* para armazém;
- Trazer chaves e acessórios para retirar os *spindles* para armazém.

3.4.2 CONSTRUÇÃO DA TABELA DE TRABALHO

Nesta altura, como não havia preparação do trabalho durante os três períodos anteriores acima referidos, o tempo de *setup* teve bastantes variações ao longo da recolha das 20 observações por amostra, pois algumas tarefas deveriam ser realizadas antes da mudança, mas eram realizadas durante a mudança. Também se pode afirmar que não havia sistematização do trabalho e por isso o tempo de preparação era muito variável, assim como não existia a distinção entre trabalho (tarefa) interno e trabalho (tarefa) externo.

Por outro lado, poder-se-ia ter tomado notas das tarefas a eliminar, mas como não havia sincronização de todas as tarefas foi mais importante verificar os tempos das tarefas elementares (te) e o tempo das tarefas sem interferência no tempo elementar.

O anexo II mostra o documento de trabalho utilizado para recolher todos os tempos inerentes às diferentes mudanças e por outro lado fazer a classificação de trabalho interno e externo, assim como a transformação de trabalho interno em externo.

3.4.3 ORGANIZAR AS ÁREAS DE TRABALHO RECORRENDO À METODOLOGIA 5 S's

Para que os colaboradores pudessem fazer as suas tarefas organizadamente, criaram-se várias áreas de trabalho, que se descrevem de seguida.

ARMAZÉM DE SPINDLES

Esta área tem todos os tipos de *spindles* prontos a usar, o que significa que têm de estar desempenados. Para isso criou-se a seguinte rotina: cada turno deve levar os *spindles* empenados à manutenção de 4 em 4 horas e a manutenção tem 4 horas para desempenar os *spindles* que lhe forem entregues.

Também foi necessário construir carros para armazenar os *spindles*, para, deste modo, evitar o seu empeno, quando são manuseados.

Foram também construídas chaves para retirar os *spindles* e assim evitar o seu empeno.

Nesta área existe ainda uma bancada de ferramentas com um torno para que se possa substituir a tela do peneiro e resolver pequenos problemas.

LINHAS DE VIDRAGEM

Junto a cada cabine de vidrar existe uma pistola de ar comprimido para desentupir os espalhadores das pistolas de vidrar, torneiras de água com tubos de plástico para lavagens, uma máquina de pressão para lavagem das cabines, um balde com esponjas para fazer limpeza das pistolas, uma vassoura, um rodo e uma pá para raspagem do interior das cabines.

Para controlar a viscosidade e densidade foi colocado perto das cabines uma bancada com lavatório de água para lavar o picnómetro e a taça de medir a fluidez dos vidrados, assim como uma balança para controlar a densidade e a gramagem.

Cada operador tem, deste modo, todos os utensílios necessários para realizar todas as tarefas que lhe foram incumbidas.

3.4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO SETUP

Uma vez que as linhas de vidragem são utilizadas para processar diferentes peças recorrendo a diferentes *spindles*, foram considerados 3 tipos de mudanças (*setup*):

- Fazer a mudança de peça e de *spindles*;
- Fazer a mudança de peça e não fazer mudança de *spindles*;
- Não fazer mudança de peça.

Na figura 19 pode-se ver a sistematização dos diferentes *setups* que vão ser executados para termos informações acerca do que se poderá melhorar na vidragem.

Spindles das Tigelas (T) - Din 14 e Din 16

Spindles dos Pratos de sobremesa e Sopa (S) - Din 20, Din 22, Far 21 e Far 24

Spindles dos Pratos raso -RAS- Din 26 e Far 27

Regra: depois de ter vidrado 3 a 4 turnos numa cabine, tem de se mudar de cabine (pode ser na mesma cor ou noutra cor).

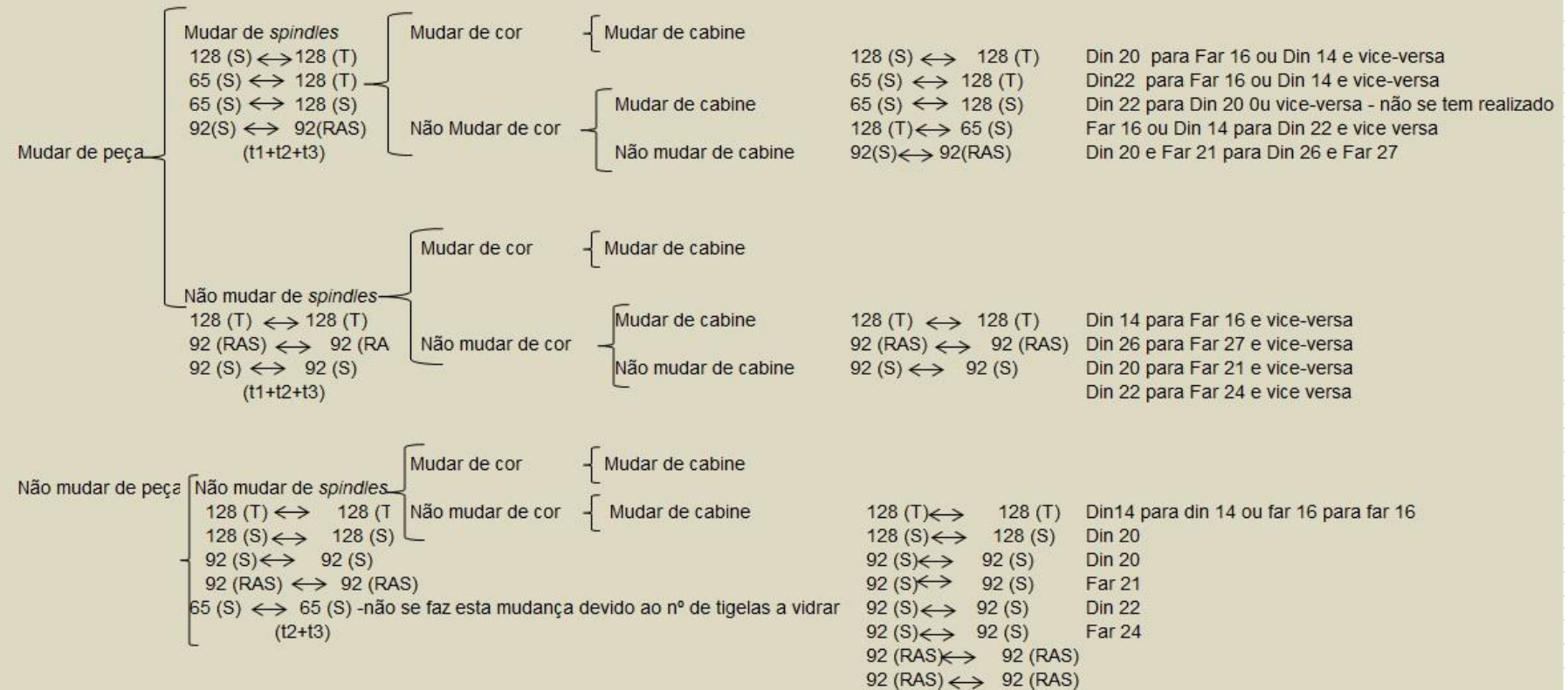


Figura 19 – Tipos de *setups* analisados

3.5 RECOLHA DE DADOS

Foi com a ajuda de filmagens e medições com o cronómetro que se conseguiu recolher os dados dos diferentes tipos de mudanças.

Também deve ser salientada a mobilização conjunta de todos os colaboradores envolvidos neste processo, uma vez que estiveram sempre motivados em fazer melhor e com a perspetiva de conhecerem os resultados de todo o esforço despendido.

A recolha de dados foi efetuada de acordo com os *setups* previstos no planeamento de produção.

Inicialmente foram excluídos alguns tempos de *setup*, uma vez que, para esses casos, não tinham sido definidos procedimentos para fazer as mudanças, nem a sua normalização.

Usando a tabela de trabalho (anexo II), foram recolhidas 20 observações do tempo de *setup* em cada mudança, dentro dos 3 tipos de mudanças atrás referidos.

Com base nessas amostras, foi construída uma tabela, com todas as mudanças efetuadas, com a classificação de tarefas internas e externas, assim como a transformação de algumas tarefas internas em externas (anexos que vão ser referidos mais à frente, nas referidas mudanças).

Foi ainda verificado que o número de observações recolhidas, eram suficientes para estimar o tempo médio dos *setups* com um grau de confiança de 95% e uma precisão de 6%.

3.5.1 MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES

Para que algumas tarefas internas se transformem em externas, foi necessário fazer algumas tarefas em simultâneo: deve-se iniciar a raspagem da cabine das pistolas em simultâneo com a operação de tirar os *spindles* da linha de vidrar. Depois da raspagem da cabine das pistolas deve-se continuar com a raspagem da outra cabine (cabine da exaustão).

Para tal é necessário colocar uma proteção na zona da cabine e isolar o movimento dos operadores do movimento do tapete central, onde estão a colocar *spindles*. A proteção pode ser tipo campânula, com resistência suficiente para que o movimento dos *spindles* não possa colocar em causa a segurança dos operadores.

A operação de retirar os *spindles* vai acabar primeiro do que a raspagem da cabine de exaustão, mas pode-se iniciar a lavagem do encaixe dos *spindles* para retirar o vidro e assim facilitar a reposição dos próximos (esta operação é rápida pelo que está contabilizada na operação retirar *spindles* – é uma operação sempre com o mesmo tempo que corresponde ao tempo de uma volta do tapete central). Logo de seguida pode-se iniciar a colocação dos *spindles* nos respetivos encaixes do tapete central. Depois de acabar a raspagem da cabine de exaustão deve-se começar a lavagem do tapete central e de seguida a aparadeira.

Com este procedimento, as tarefas internas (raspagem da cabine das pistolas e abertura da cabine com as pistolas, raspagem da cabine de exaustão e abertura da cabine de exaustão, lavagem do tapete central e lavagem da aparadeira), vão transformar-se em tarefas externas, uma vez que são coincidentes com as tarefas de retirar e colocar *spindles*.

O tempo de alimentação de peças desde o ponto (A) até à alimentação da vidragem (ponto B) é t_1 (figura 13). Parte deste tempo, pode passar para tarefa externa, uma vez que, a partir do momento que o supervisor retira os 6 pratos do tapete para iniciar a afinação, deve-se iniciar a afinação e, assim, o t_1 não vai ser totalmente contabilizado. Vai ser contabilizado como tarefa interna o tempo de retirar os pratos e o tempo de afinar centradores, que foi considerado constante de 30 segundos, o que significa que passou para tarefa externa ($t_1 - 30$ segundos).

A tabela 5 mostra os valores médios dos tempos observados para a realização das tarefas referentes a quatro tipos de *setup* que implicam mudança de peça e de *spindles*. Os valores das 20 observações realizadas para cada um desses tipos de *setup* encontram-se detalhados nos anexos III, IV, V e VI.

Na tabela 5 são indicados os tempos consumidos em operações internas e externas, assim como o impacto da transformação das tarefas internas em externas através da diminuição do tempo das tarefas internas. Na referida tabela

não estão incluídos eventuais reduções dos tempos das tarefas internas. Também estão representadas as previsões das diminuições das tarefas internas e por último a relação atual e a relação prevista entre os tempos gastos em operações internas e externas.

A passagem das operações internas para externas resultou da análise das tarefas e da definição de um procedimento claro para a realização da mudança. Já a previsão em termos da redução do tempo gasto em tarefas internas resultou da aplicação dos 5 S's e da padronização das mesmas, eliminando, desta forma, alguns dos desperdícios observados.

Tabela 5 - Possível melhoria do *setup* interno (segundos) nas linhas de vidrar

	Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria					
	Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas	Possível diminuição do <i>setup</i> Interno (%)	Relação entre Internas e Externas	Previsão da relação entre Internas e Externas
Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) para 128 (T))	3800,1	3859,2	1219,6	2580,5	5078,8	32,1	1,0	0,5
Mudar de Din 22 para Far 16 ou Din 14 65 ((S) para 128(T))	3567,3	3836,6	1212,7	2354,6	5049,3	34,0	0,9	0,5
Mudar de Far 16 ou Din 14 para Din 22 (128 (T) para 65 (S)	3341,0	3759,7	1093,3	2247,7	4853,0	32,7	0,9	0,5
Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 RAS))	3544,7	3432,5	1173,3	2371,5	4605,7	33,1	1,0	0,5

3.5.2 MUDAR DE PEÇA E NÃO MUDAR DE SPINDLES

Neste tipo de *setup* foi feita uma análise semelhante por forma a conseguir que algumas tarefas internas passassem a externas, tendo, mais uma vez, sido identificada a necessidade de passar a fazer algumas tarefas em simultâneo.

No procedimento definido considerou-se que se deve iniciar a raspagem da cabine das pistolas em simultâneo com a operação da lavagem da aparadeira; quando esta acabar, deve-se continuar com a lavagem do tapete central. Depois da raspagem da cabine das pistolas acabar, continuar com a raspagem da outra cabine (cabine da exaustão).

Com este procedimento, as tarefas internas (lavagem da aparadeira e tapete central) vão transformar-se em tarefas externas, uma vez que são coincidentes com a raspagem das cabines.

Quanto ao tempo de alimentação de peças desde o ponto A até à alimentação da vidragem (ponto B) foram considerados os mesmos pressupostos que no caso anterior e, deste modo, apenas é contabilizado como tarefa interna o tempo de retirar os pratos e o tempo de afinar os centradores (30 segundos), o que significa que passou para tarefa externa (t_1-30) segundos.

A tabela 6 mostra o resumo dos dados referentes a dois tipos de *setup* que implicam mudança de peça mas não de *spindles*. Os valores das 20 observações realizadas são apresentados nos anexos VII e VIII.

Tabela 6 - Possível melhoria do *setup* interno (segundos) nas linhas de vidrar

	Categorias do <i>Setup</i>		Objetivo do Plano de Melhoria					
	Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas	Possível diminuição do <i>setup</i> Interno (%)	Relação entre Internas e Externas	Previsão da relação entre Internas e Externas
Mudar de Din 14 para Far 16 (128 (T) para 128 (T))	2553,7	2330,6	760,1	1793,6	3090,6	29,8	1,1	0,6
Mudar de Din 20 para Far 21 ou Din 22 para Far 24 ou Din 26 para Far 27 (92 (S) para 92 (S) ou (92 (RAS) para 92 (RAS))	2813,5	2291,6	736,3	2077,2	3027,6	26,2	1,2	0,7

3.5.3. NÃO MUDAR DE PEÇA

Neste caso, como não vai existir mudança de referencia de peça, as peças ficam distribuídas no tapete 1 até ao local B (figura 13) quando o tapete que transporta as peças para a vidragem é parado no ponto de controlo de vidragem (PCV). Por tal razão, o supervisor ou operador não têm necessidade de fazer os seguintes passos, necessários para os *setups* explicados anteriormente:

- Mudança de receita no Posto de Controlo de Alimentação das peças (PCA);
- Preparação para alimentação de pratos até à estação de controlo da vidragem;
- Movimentação do transfere para sugar e colocar as peças no tapete que dá acesso à vidragem;
- Retirar as primeiras 6 peças, para afinação da vidragem, do tapete manualmente;
- Alimentação de peças desde a alimentação das peças (A) até à alimentação da vidragem (B) (t1);
- Ajuste dos *spindles*.

O procedimento, neste caso, passa então a considerar os pontos que se especificam de seguida.

Deve-se iniciar a raspagem da cabine das pistolas em simultâneo com a operação da lavagem da aparadeira; quando esta acabar, deve-se continuar com a lavagem do tapete central. Depois da raspagem da cabine das pistolas acabar, continuar com a raspagem da outra cabine (cabine da exaustão).

Com este procedimento, as tarefas internas (a lavagem da aparadeira e tapete central) são transformadas em tarefas externas, uma vez que são coincidentes com a raspagem das cabines.

A tabela 7 resume os dados recolhidos para duas situações em que é necessário o *setup* não havendo, porém, mudança de peça. Os valores das 20 observações realizadas nestes dois casos são apresentados nos anexos IX e X.

Tabela 7 – Possível melhoria do *setup* interno (segundos) nas linhas de vidrar

	Categorias do <i>Setup</i>		Objetivo do Plano de Melhoria					
	Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas	Possível diminuição do <i>setup</i> Interno (%)	Relação entre Internas e Externas	Previsão da relação entre Internas e Externas
Não mudar de peça: Din 14, Far 16 ou Din 20 (128 (T), 128 (S))	2304,2	2582,3	609,6	1694,6	3191,6	26,5	0,9	0,5
Não mudar de peça: Din 20, Far 21, Din 22, Far 24 ou Din 26, Far 27 (S92 (S) ou R92 (RAS))	2164,5	2237,0	569,8	1594,6	2806,8	26,3	1,0	0,6

3.5.4 CONFIRMAÇÃO PRÁTICA DA TRANSFORMAÇÃO DAS TAREFAS INTERNAS EM EXTERNAS

Nesta fase foi necessário colocar em prática tudo o que se pensou no que respeita à transformação das tarefas internas em externas.

Por isso, foi explicado ao supervisor e operadores qual o objetivo desta fase e como seria aplicado o novo procedimento no terreno.

Nesta fase recorreu-se à lista dos 3 períodos (antes, durante e depois das mudanças), para que cada operador tivesse informação detalhada das tarefas que tinha de fazer.

Adicionalmente, no caso da mudança ser feita da cabine A para a Cabine B foi necessário iniciar ao mesmo tempo a troca de *spindles* e a raspagem da cabine que tem as pistolas. No terreno teve que se definir que o tirar e colocar *spindles* tinha de ser efetuado na área da cabine B e a raspagem e abertura das cabines (com pistolas e a de exaustão), a lavagem da aparadeira e a lavagem do tapete central seriam efetuadas na área da cabine A. Com estes procedimentos, os espaços a utilizar pelas 2 equipas ficou bem delimitado e assim conseguiu-se transformar tarefas internas em tarefas externas.

Após a implementação das mudanças, não foi possível recolher dados para todos os tipos de mudanças já apresentados, tendo-se optado por observar os 2 tipos de mudanças mais complexos, ambos correspondentes a situações que implicam a mudança de peça e de *spindle*:

- Mudar de DIN 20 para FAR 16 ou DIN 14 (128 (S) para 128 (T));
- Mudar de DIN 20 e FAR 21 para DIN 26 e FAR 27 (92 (S) para 92 RAS)).

Na tabela 8 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos, encontrando-se nos anexos XI e XII os valores das 20 observações recolhidas para cada uma das duas situações analisadas. De notar que o objetivo para a relação entre o tempo das operações internas face às externas era de 0,5 para ambas as situações.

Tabela 8 – Médias de *setup* (segundos)

	Categorias do <i>Setup</i>		Relação entre Internas e Externas
	Internas	Externas	
Mudar de DIN 20 para FAR 16 ou DIN 14 (128 (S) para 128 (T))	2572,5	5114,5	0,50
Mudar de DIN 20 e FAR 21 para DIN 26 e FAR 27 (92 (S) para 92 RAS))	2498,4	4787,2	0,52

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DOS TEMPOS DE SETUP ANTES E DEPOIS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED

Como já foi referido, este estudo envolveu 5 linhas de vidragem, em que se pode vidrar várias peças, utilizando vários tipo de *spindles*. Nesse contexto foi necessário dividir os *setups* em 3 tipos de mudança.

Antes da aplicação da metodologia SMED, recolheram-se 20 observações dos vários tipos de mudanças, num total de 160 observações (20x8 tipos de mudanças).

Depois da aplicação da metodologia SMED, deveriam ser também as 160 observações (20 para cada situação) mas, por falta de tempo, foram apenas retiradas 20 observações para dois tipos de mudança.

Estas observações pertencem ao tipo de mudança: 'fazer a mudança de peça e de *spindles*', nas versões:

- Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) PARA128 (T)) ou vice-versa;
- Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 RAS)) ou vice-versa.

O tratamento dos dados foi feito com o auxílio do Minitab, onde se obteve a representação dos dados na forma de histogramas; realizaram-se testes para verificar se as amostras têm uma distribuição normal; foi feita a representação de *outliers* e obtiveram-se vários parâmetros tais como a média, desvio padrão, variância, mínimos e máximos.

A análise vai ser dividida em:

- 1- Analisar a normalidade da população, com recurso ao teste Kolmogorov-Smirnov;
- 2- Eliminar *outliers* e analisar de novo o tempo de *setup* antes e depois da aplicação da metodologia SMED;

- 3- Analisar o tempo de *setup* antes e depois da aplicação da metodologia SMED;
- 4- Realizar os testes de hipóteses em relação às médias do tempo de *setup* antes e depois da aplicação da metodologia SMED, tendo como objetivo retirar conclusões relativamente ao comportamento das médias dos tempos de *setup*.

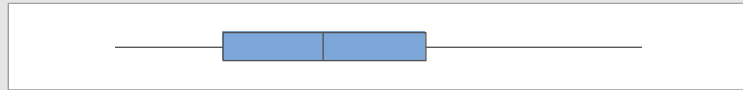
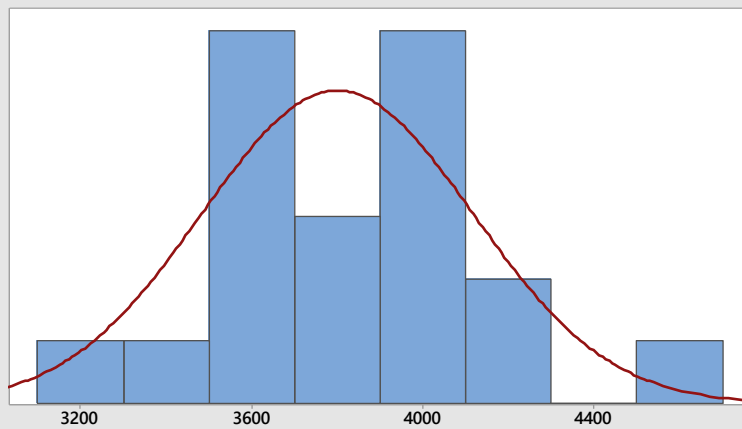
De seguida vai ser representado o tratamento de dados, utilizando todos os dados recolhidos antes e depois da aplicação da metodologia SMED.

4.1.1 MUDAR DE DIN 20 PARA FAR 16 OU DIN 14 (128 (S) PARA 128 (T)) OU VICE-VERSA

Dados recolhidos antes da aplicação da metodologia SMED

Os dados recolhidos antes da aplicação da metodologia SMED, apresentados no anexo III, MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: MUDAR DE DIN 20 PARA FAR 16 OU DIN 14 (128 (S) PARA 128 (T)) (128 (S) PARA 128 (T), foram tratados usando o Minitab estando representados nas figuras 20, 21 e 22 (P1- antes).

Summary Report for P1 -ANTES



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 0,29
P-Value 0,564

Mean 3800,1
StDev 317,2
Variance 100645,1
Skewness 0,436862
Kurtosis -0,280764
N 20

Minimum 3284,0
1st Quartile 3535,0
Median 3768,0
3rd Quartile 4008,8
Maximum 4513,0

95% Confidence Interval for Mean

3651,6 3948,5

95% Confidence Interval for Median

3547,6 3996,1

95% Confidence Interval for StDev

241,3 463,4

95% Confidence Intervals

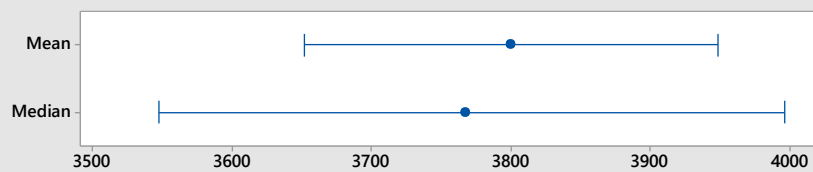


Figura 20 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

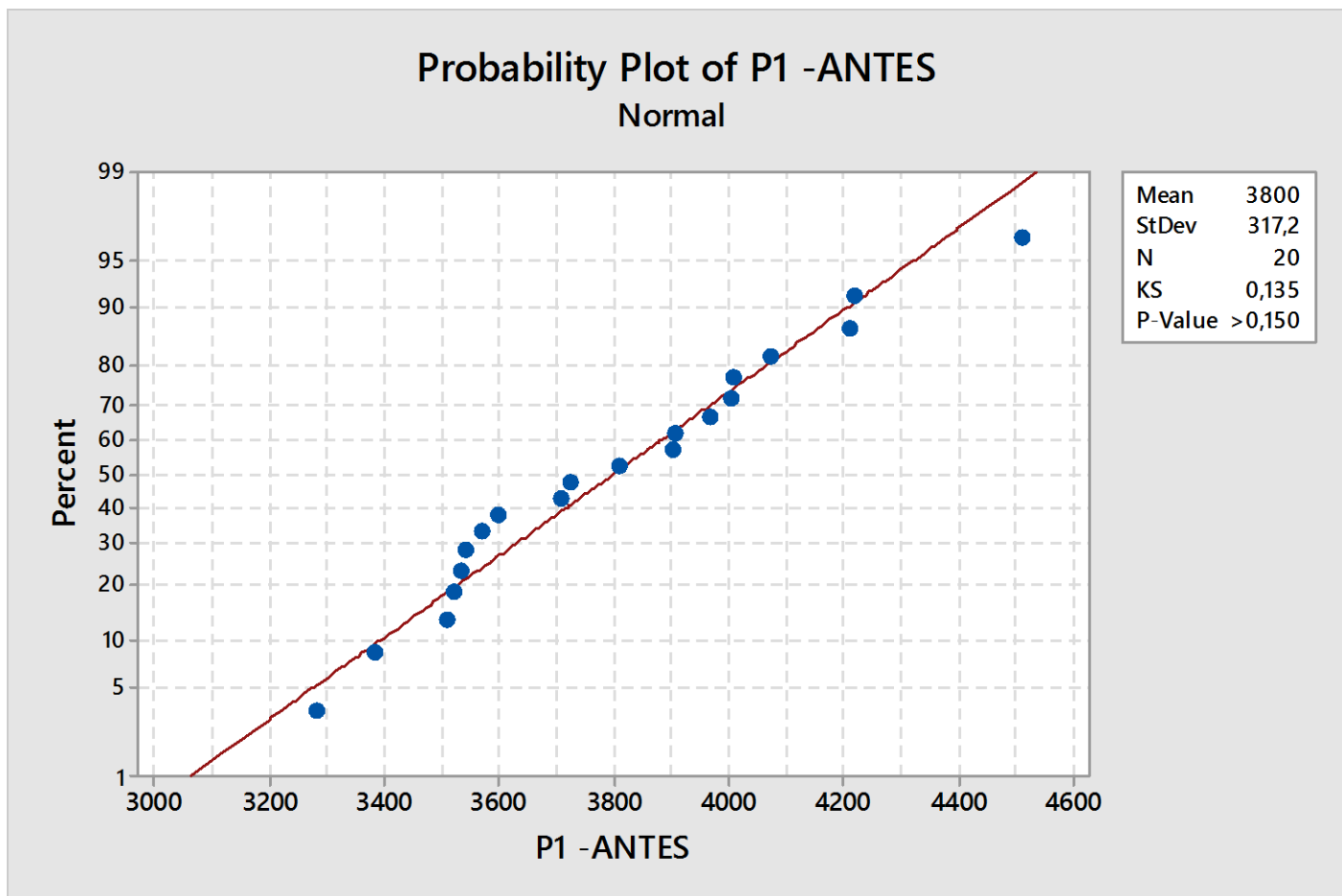


Figura 21 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov

Em relação ao teste à normalidade, considera-se o seguinte:

- H_0 : a amostra provém de uma população normal;
- H_1 : a amostra não provém de uma população normal.

Se o *p-value* for menor que α (neste caso $<0,05$), rejeita-se a hipótese nula (H_0) e aceita-se a hipótese alternativa (H_1), ou seja, não se pode considerar que a amostra é proveniente de uma população normal. Se o *p-value* for superior ao α , não se rejeita H_0 e podemos admitir, para esse nível de significância α , que os valores observados foram retirados de uma população normal.

Neste caso o *p-value* do teste de Kolmogorov-Smirnov é maior que 0,15, por isso podemos assumir que a amostra provém de uma população que segue uma distribuição normal.

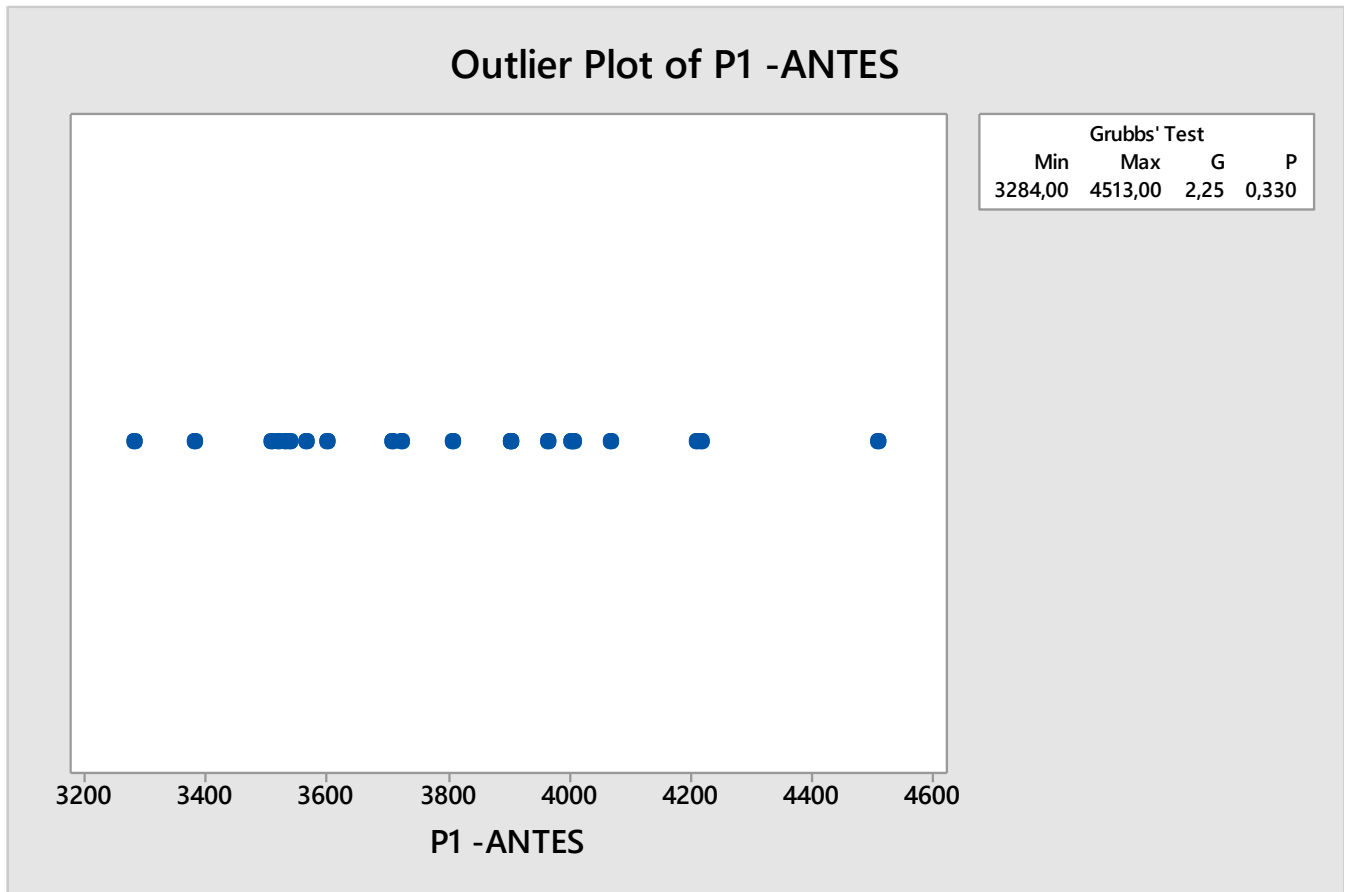


Figura 22 – *Outliers* na amostra

Nesta amostra, e tendo por base o teste de Grubbs, não foram identificados quaisquer *outliers*.

Dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED

Os dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED, estão no anexo XI, MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: MUDAR DE DIN 20 PARA FAR 16 OU DIN 14 (128 (S) PARA 128 (T)) (128 (S) PARA 128 (T)) e o seu tratamento é apresentado resumidamente nas figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29 (P1 – depois).

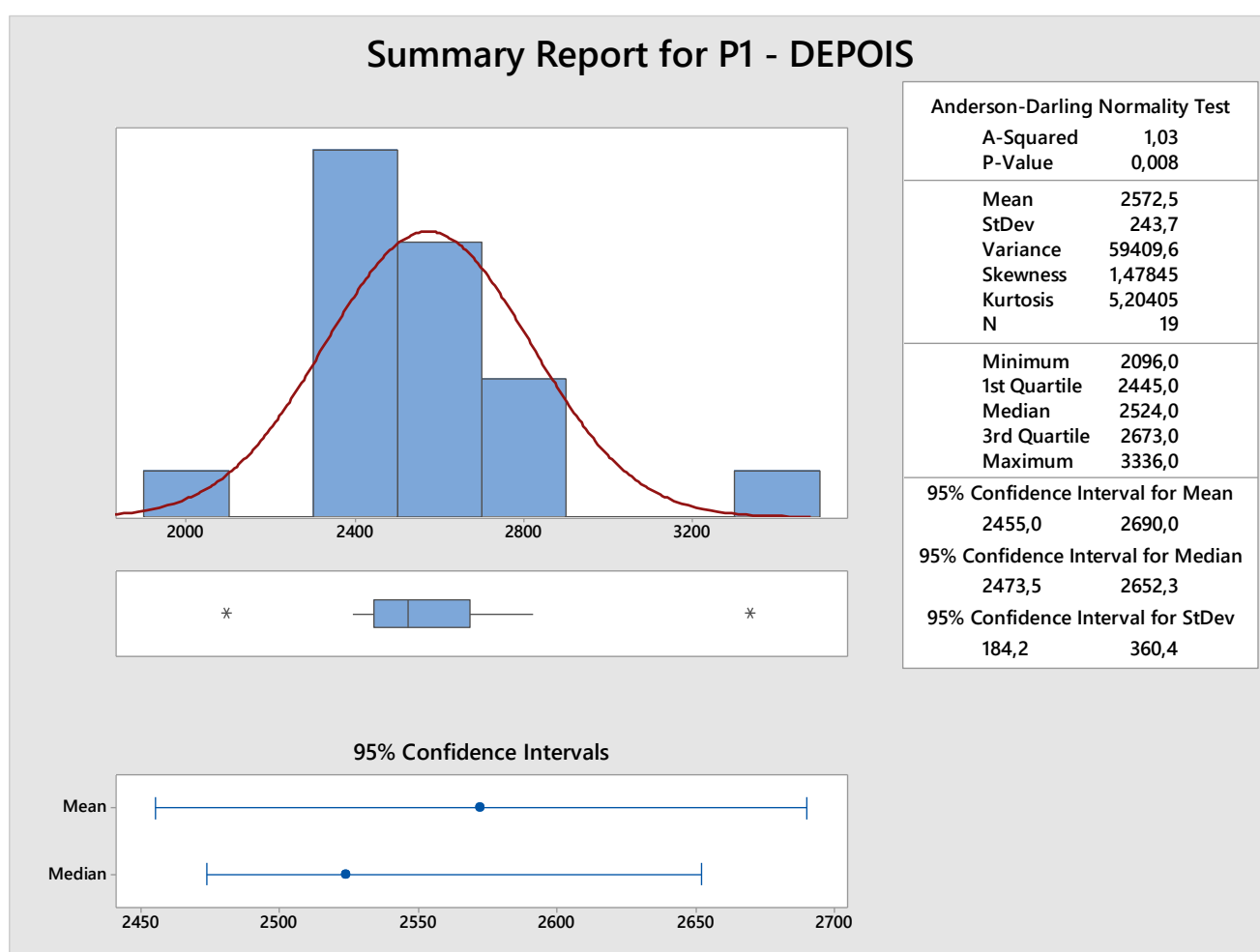


Figura 23 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

Nesta amostra foram identificados dois *outliers*, sendo então necessário fazer o seu tratamento, ou seja, devem ser retirados e o impacto na amostra deve ser verificado.

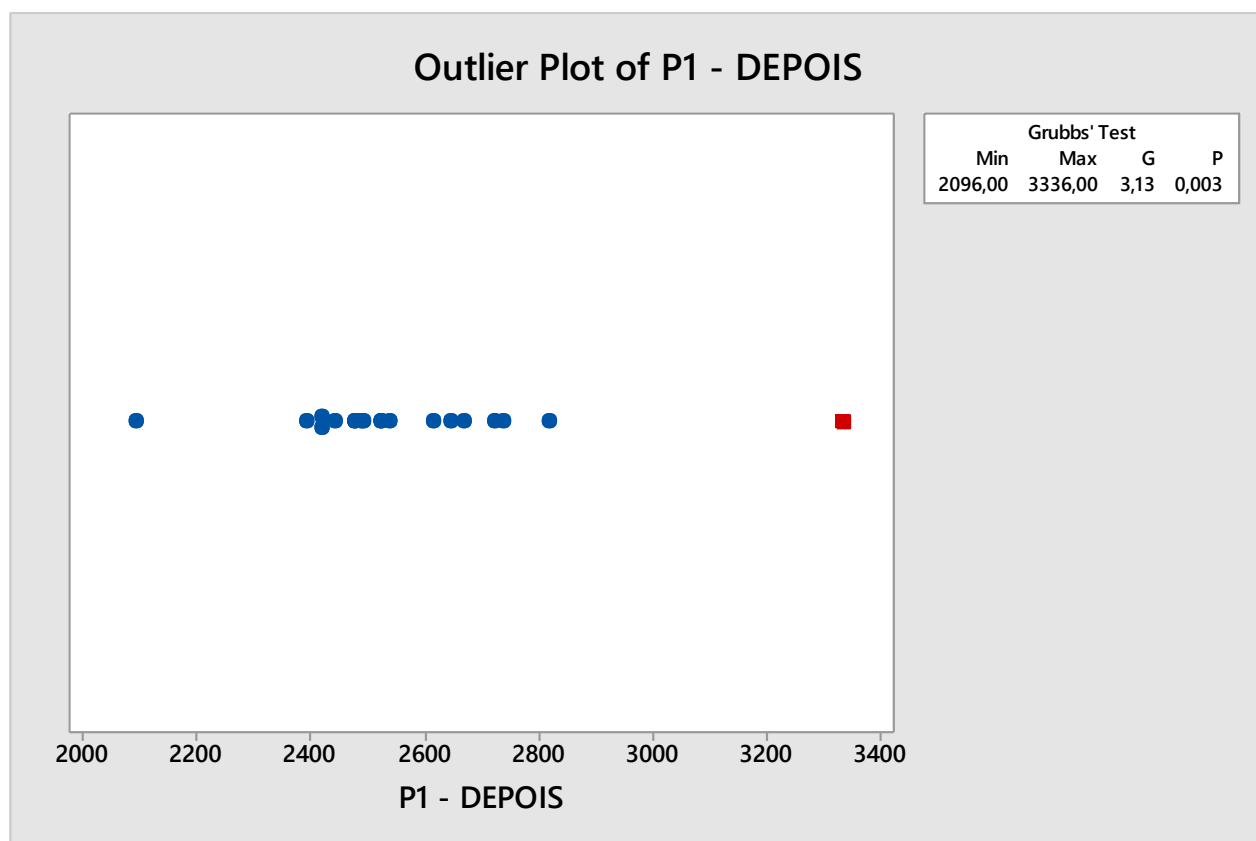


Figura 24 – Primeiro *outlier* na amostra

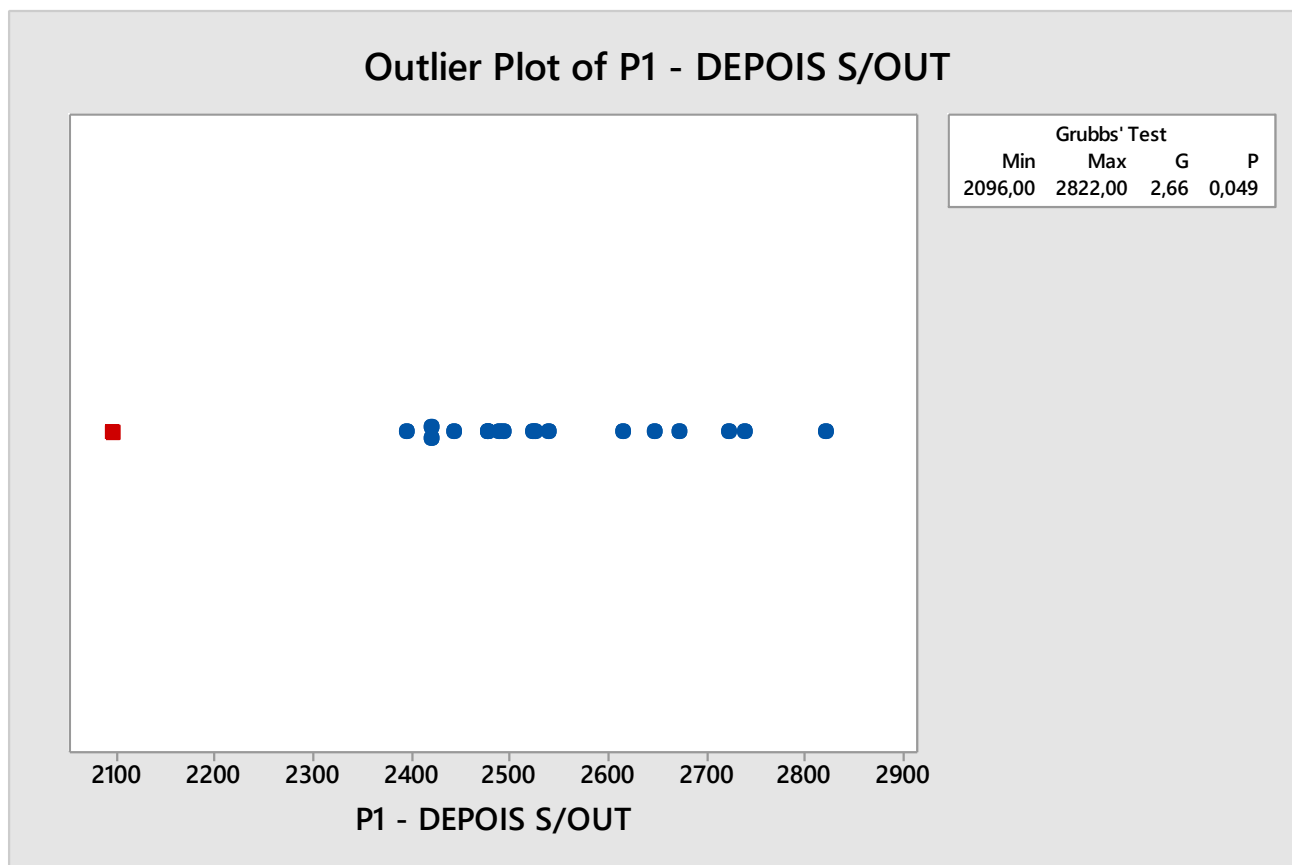


Figura 25 – Segundo *outlier* na amostra

Impacto da eliminação dos dois *outliers* nos dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED

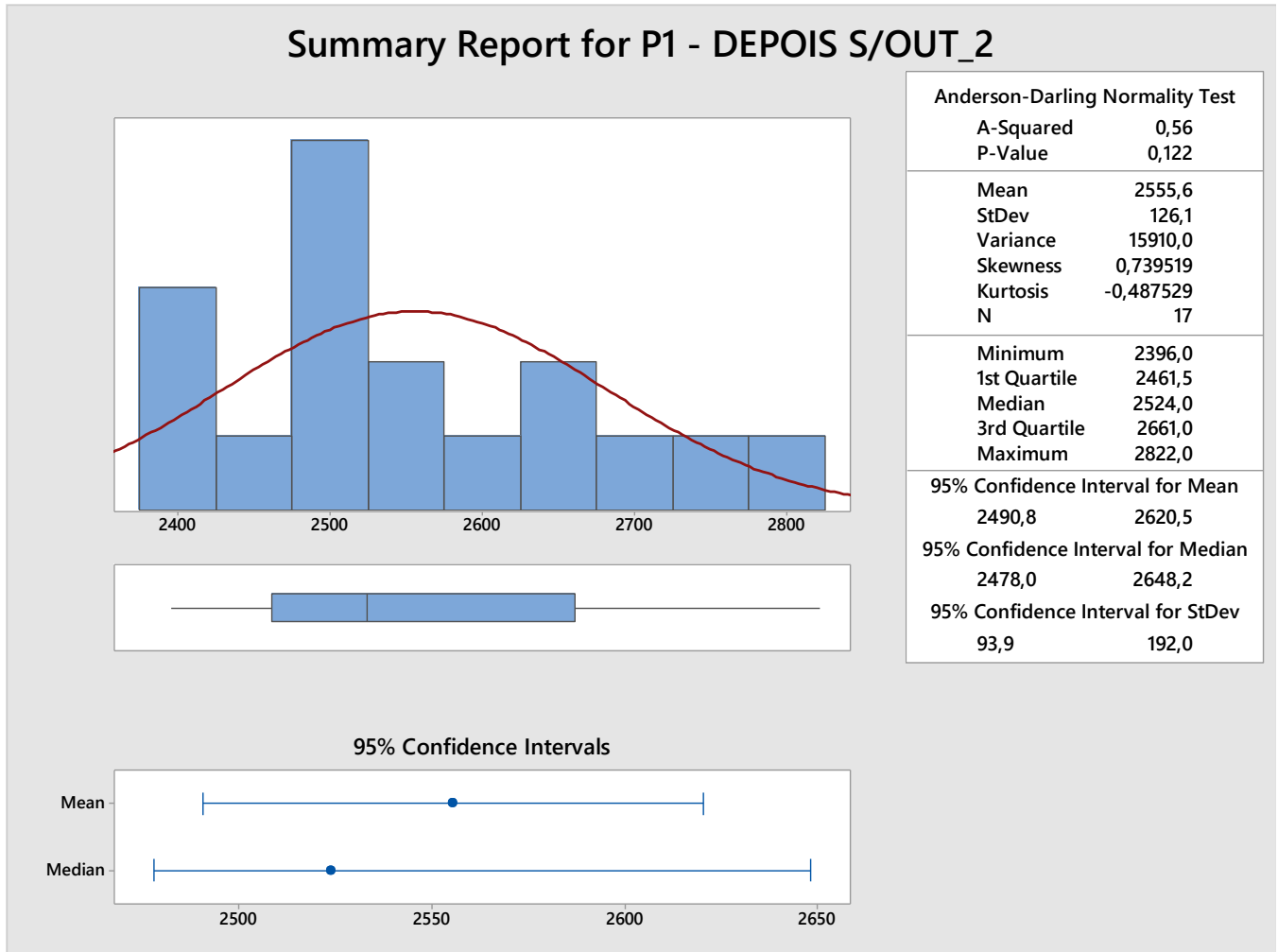


Figura 26 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

Pode verificar-se que depois de se eliminarem os dois *outliers*, a média do tempo de *setup*, depois de se ter aplicado a metodologia SMED, diminuiu em 20,7 minutos (de 63,3 para 42,6 minutos), o que representa uma diminuição de 32,7% face à média inicialmente calculada

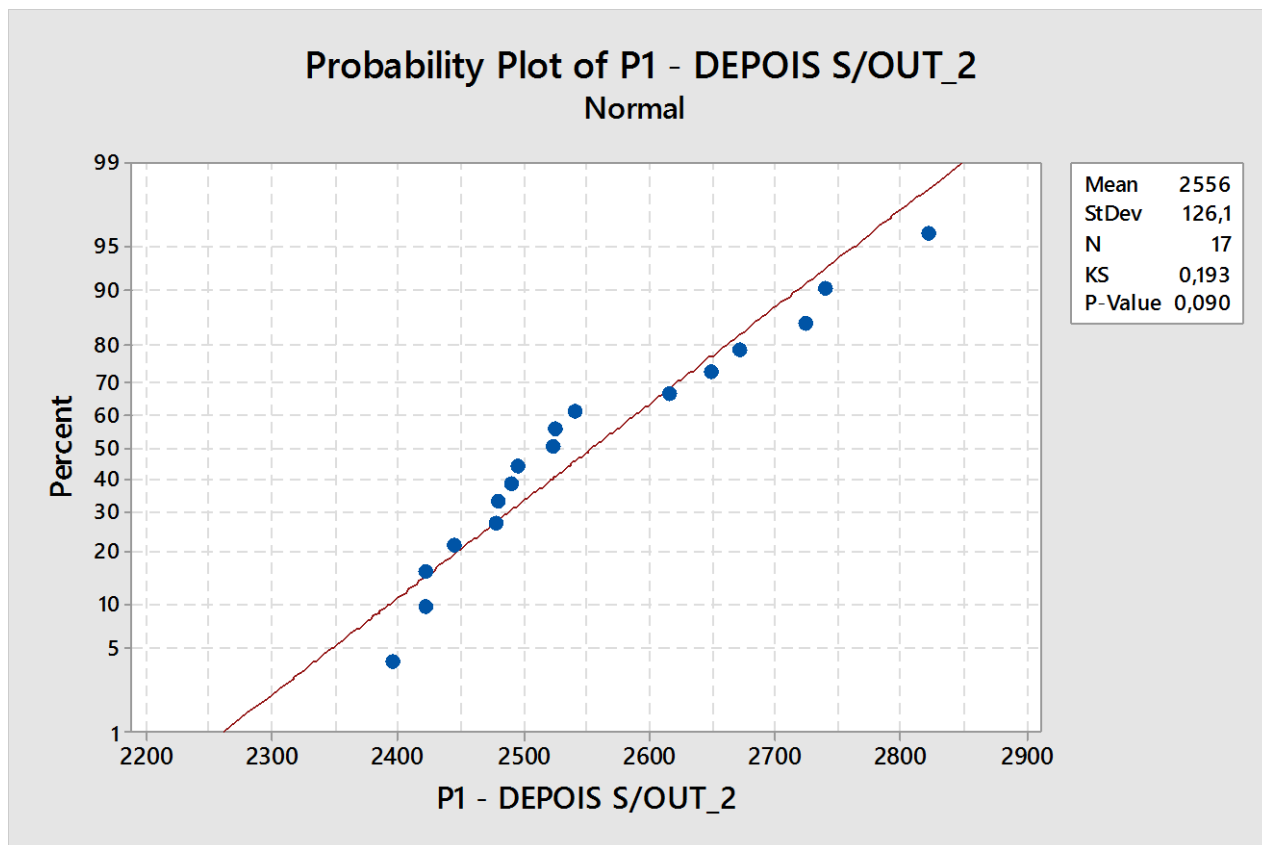


Figura 27 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov

Quanto ao teste à normalidade, o *p-value* do teste de Kolmogorov-Smirnov é maior que 0,09, por isso podemos concluir que as observações provêm de uma população normal.

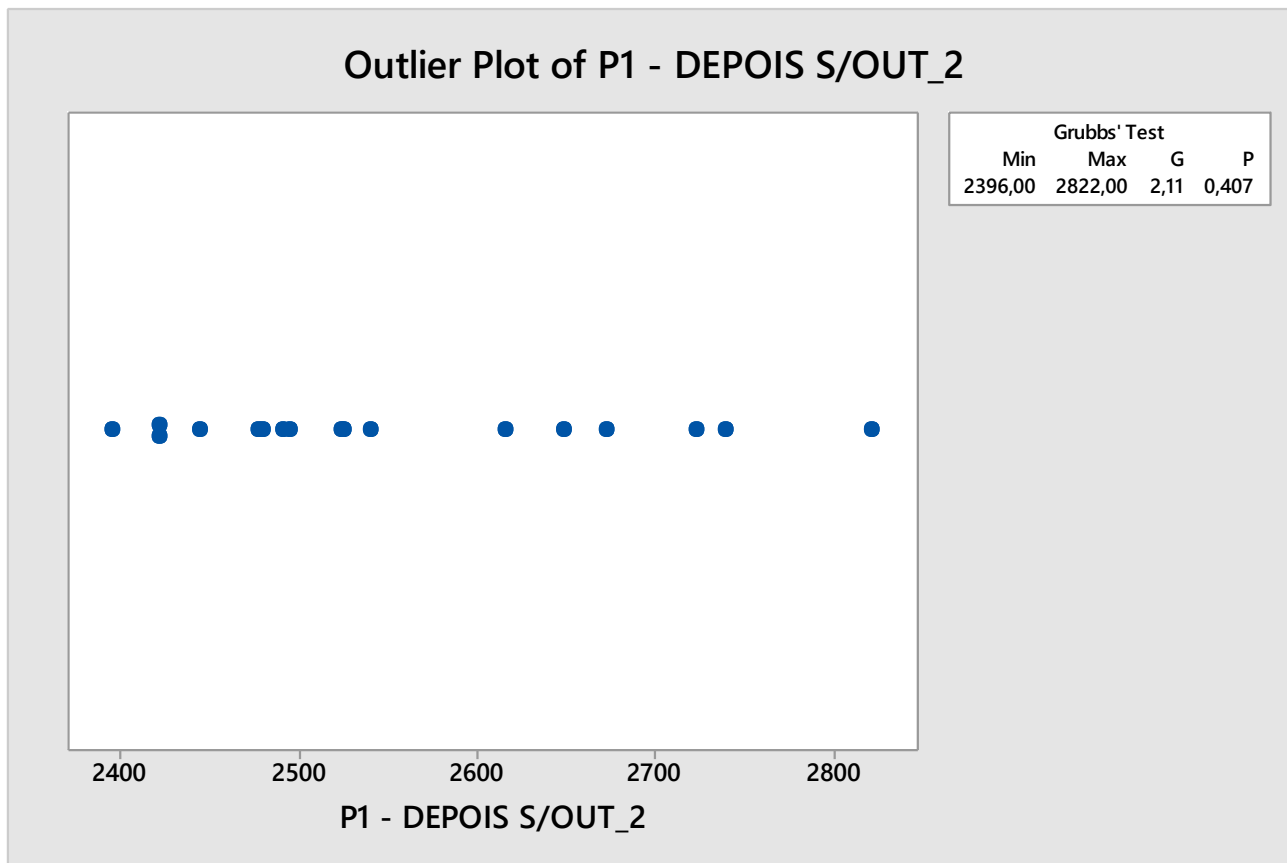


Figura 28 – Sem *outliers* na amostra

Como também se pode verificar, nesta amostra mais reduzida (de 18 observações) já não se identificaram mais *outliers*.

Teste às variâncias antes e depois da aplicação do SMED em amostras independentes e sem *outliers*

Neste teste, as hipóteses consideradas são:

- H_0 : as variâncias das duas populações são semelhantes;
- H_1 : as variâncias das duas populações são diferentes.

Se o *p-value* for menor que o nível de significância α (neste caso 0,05), rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 , caso contrário não se pode rejeitar H_0 e assim não se pode concluir que as variâncias são diferentes.

Test and CI for Two Variances: P1 -ANTES; P1 - DEPOIS S/OUT_2

Ratio = 1 vs Ratio \neq 1

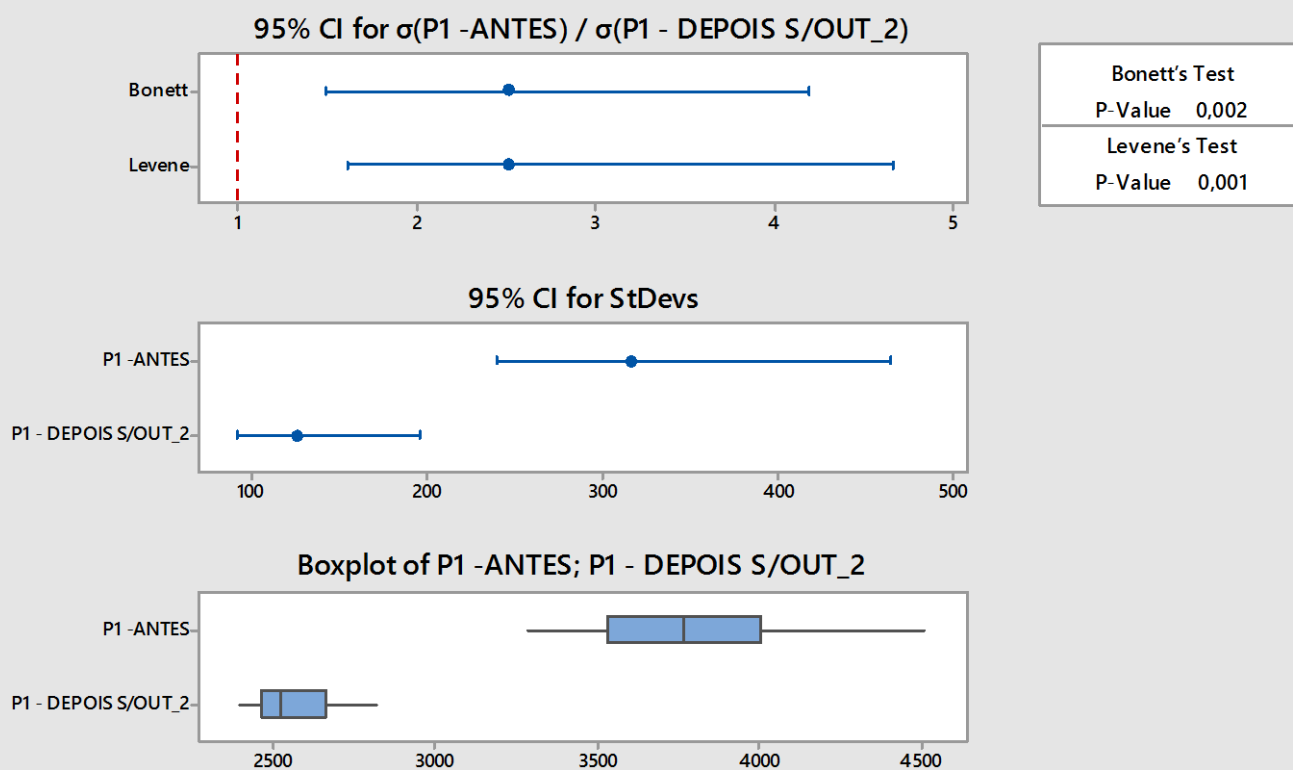


Figura 29 – Resultado das duas variâncias: P1 - antes e P1 – depois sem Out_2

Como o *p-value* é menor que 5% (*p-value* de Bonett's test é de 0,002-0,2%), rejeita-se H_0 e assume-se então que as variâncias são diferentes.

Teste T para comparar médias populacionais: duas amostras independentes com $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

Two-Sample T-Test and CI: P1 - ANTES; P1 - DEPOIS S/OUT_2

Two-sample T for P1 -ANTES vs P1 - DEPOIS S/OUT_2

	N	Mean	StDev	Mean	SE
P1 -ANTES	20	3800	317	71	
P1 - DEPOIS S/OUT_2	17	2556	126	31	

Difference = μ (P1 -ANTES) - μ (P1 - DEPOIS S/OUT_2)

Estimate for difference: 1244,4

95% CI for difference: (1085,3; 1403,5)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 16,11 P-Value = 0,000 DF=25

Na tabela 9 está representado o teste de hipóteses:

Tabela 9 – Hipóteses

Hipóteses	H ₀	$\mu_{\text{antes (P1)}} = \mu_{\text{depois s/ Out_2}}$	$\mu_{\text{antes (P1)}} - \mu_{\text{depois (P1)s/ Out_2}} = 0$
	H ₁	$\mu_{\text{antes (P1)}} < \mu_{\text{depois s/ Out_2}}$	$\mu_{\text{antes (P1)}} - \mu_{\text{depois (P1)s/ Out_2}} < 0$

Os resultados do teste para comparar as médias dos tempos de *setup* antes e depois das alterações foram então:

- Dado que o *p-value* é aproximadamente zero (logo $< 0,05$), rejeita-se H₀, a um nível de significância de 5%, aceitando-se portanto H₁. Admite-se, assim, que a média dos *setups* depois da aplicação da metodologia SMED é, de uma forma estatisticamente significativa, inferior à média dos tempos antes da aplicação da metodologia SMED.

É ainda de realçar que, pelo teste às variâncias, estas também são diferentes, podendo assim perceber-se que a variabilidade dos tempos, após a aplicação do SMED, também reduziu.

4.1.2 MUDAR DE DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27 (92 (S) PARA 92 (RAS)) OU VICE-VERSA

Dados recolhidos antes da aplicação da metodologia SMED

Os dados recolhidos antes da aplicação da metodologia SMED, encontram-se no anexo VI, MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27 (92 (S) PARA 92 (RAS)) e os referentes à situação após a aplicação da metodologia SMED, estão no anexo XII, MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27 (92 (S) PARA 92 (RAS)). O tratamento da amostra inicial apresenta-se nas figuras 30, 31 e 32 (P2 – antes).

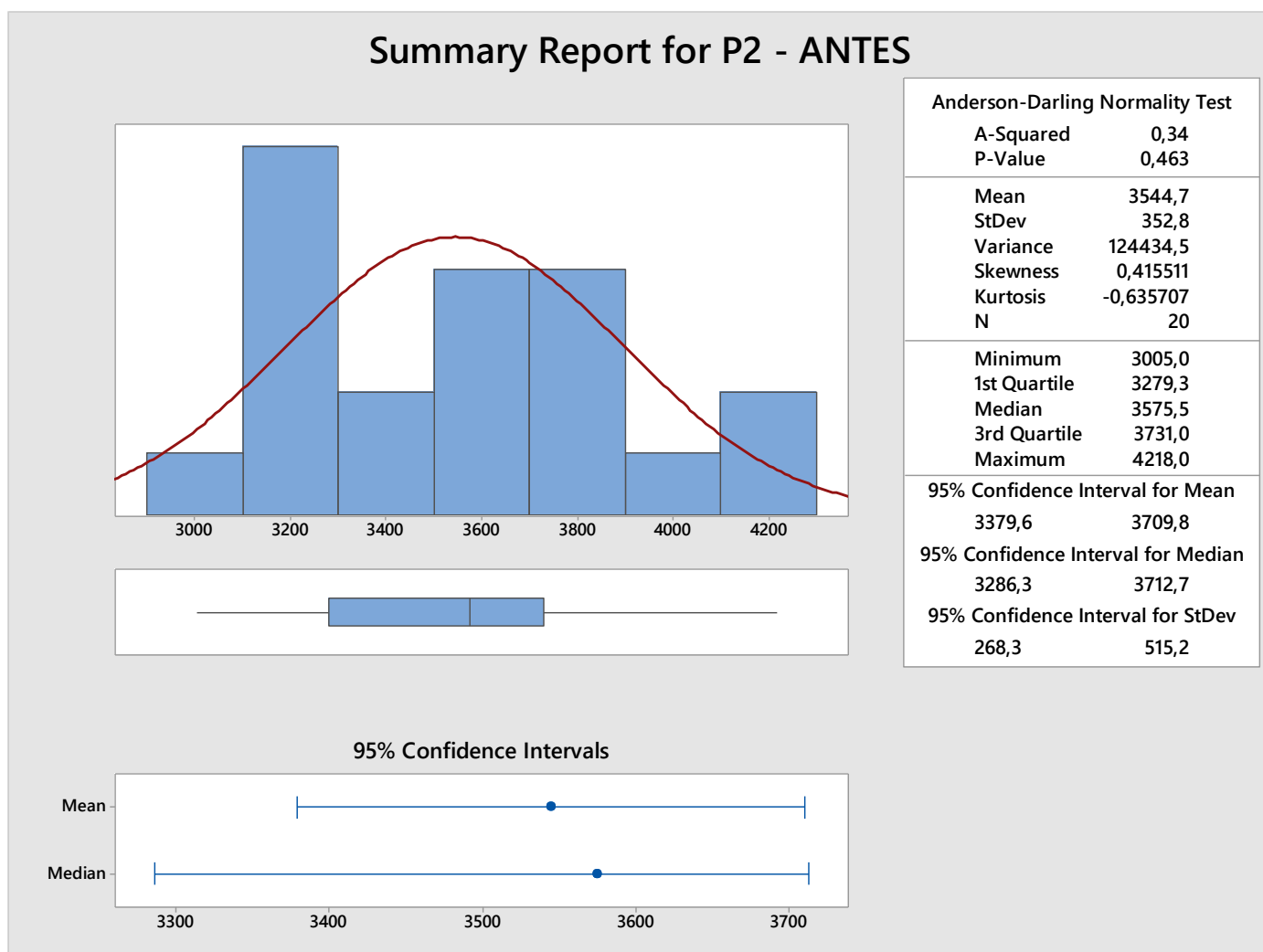


Figura 30 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

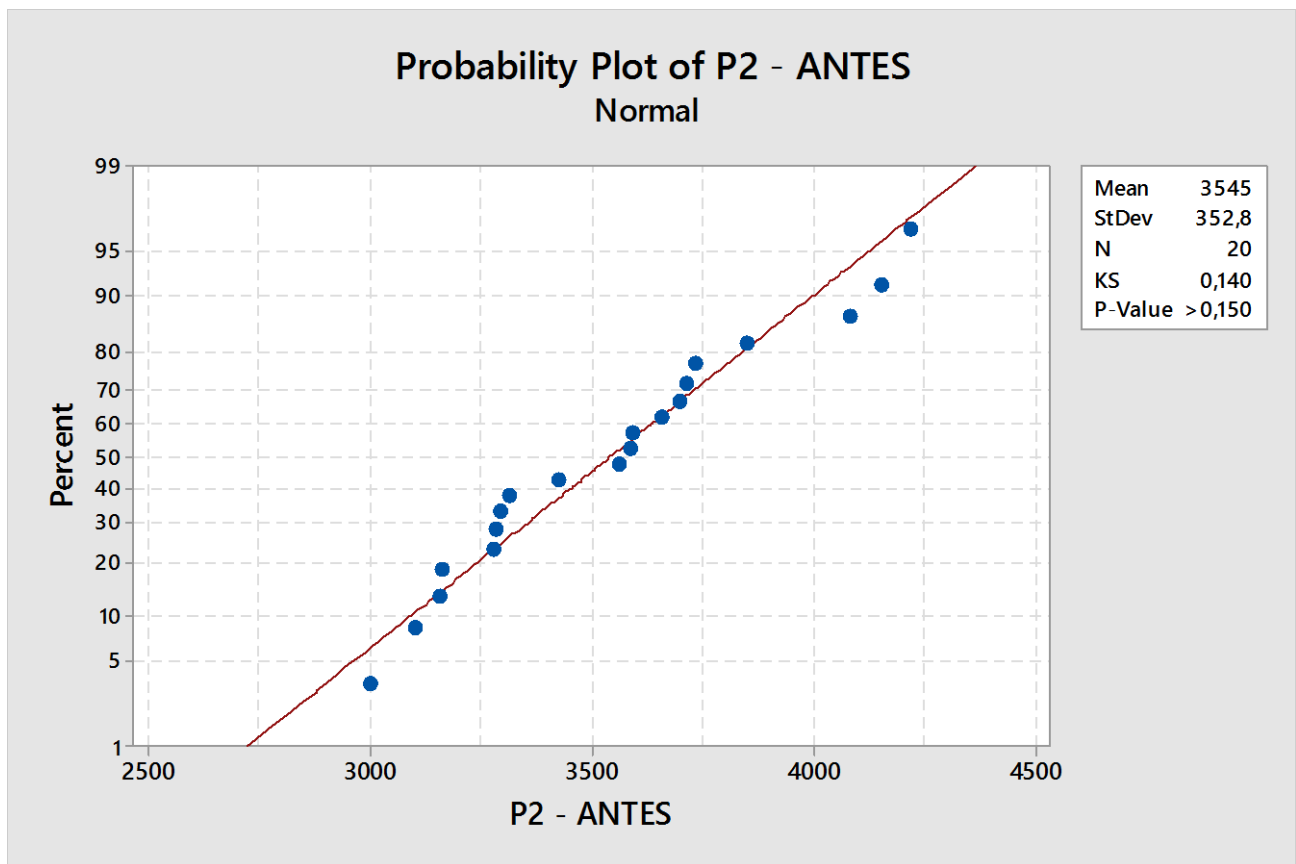


Figura 31 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov

Para os dados iniciais verifica-se que o *p-value* do teste de Kolmogorov-Smirnov é maior que 0,15, e, portanto, podemos assumir que se trata de uma distribuição normal.

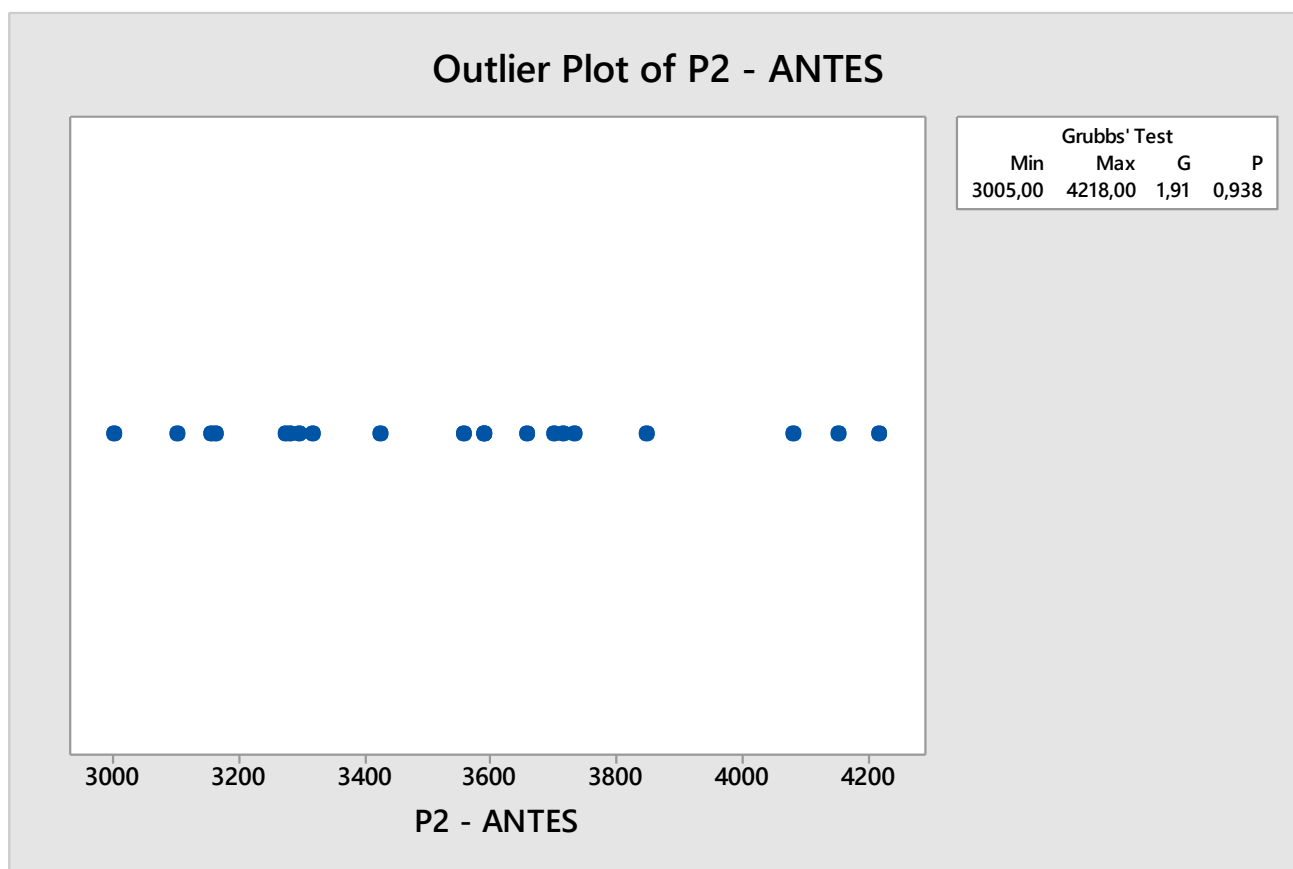


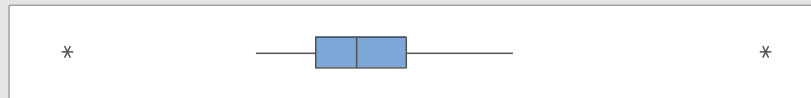
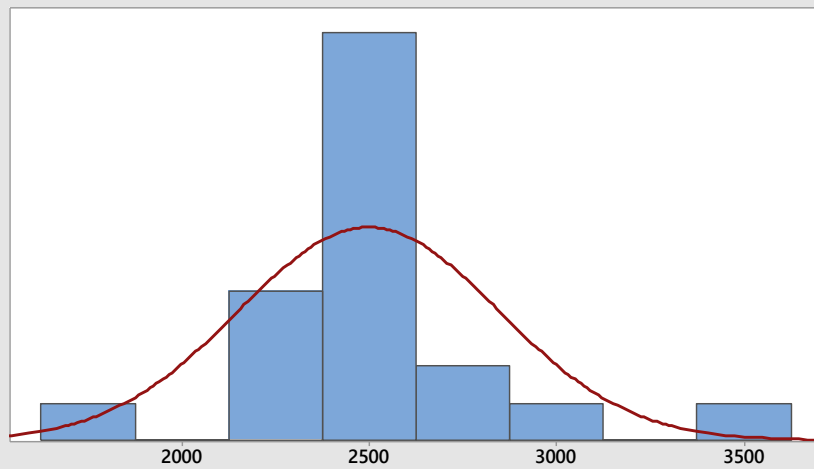
Figura 32 – Outliers na amostra

Nesta amostra inicial também não se verificaram a existência de *outliers*.

Dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED

Os dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED, estão no anexo XII, MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27 (92 (S) PARA 92 (RAS)) e os resultados do seu tratamento são apresentados nas figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 (P2 – depois).

Summary Report for P2 - DEPOIS



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared 1,06
P-Value 0,007

Mean 2498,4
StDev 347,3
Variance 120651,5
Skewness 0,98151
Kurtosis 5,04106
N 20

Minimum 1698,0
1st Quartile 2359,0
Median 2468,0
3rd Quartile 2603,5
Maximum 3561,0

95% Confidence Interval for Mean

2335,8 2661,0

95% Confidence Interval for Median

2386,8 2591,2

95% Confidence Interval for StDev

264,2 507,3

95% Confidence Intervals

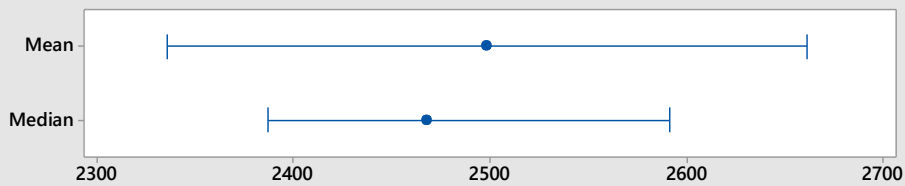


Figura 33 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

Nesta amostra existem dois *outliers*, que foram retirados.

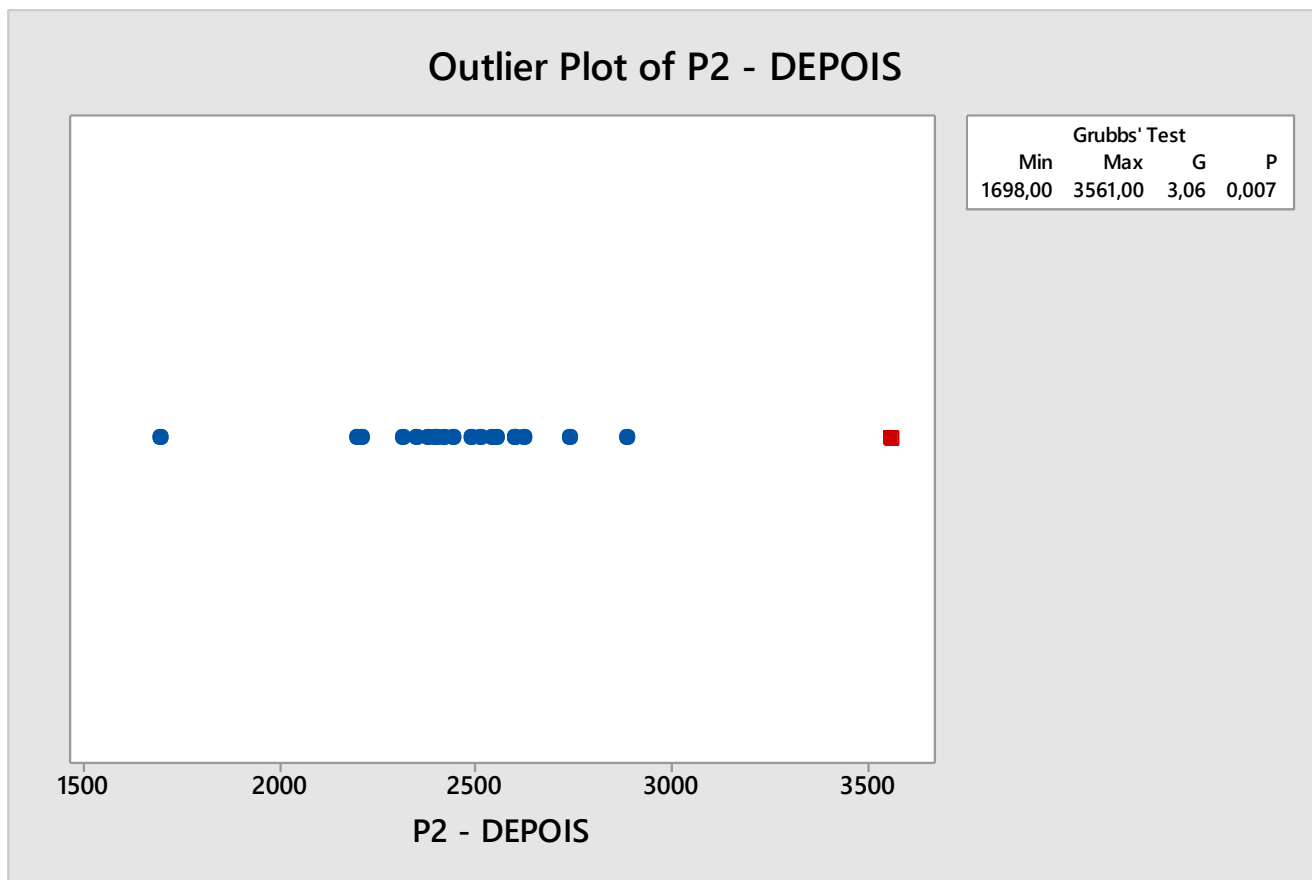


Figura 34 – Primeiro *outlier* na amostra

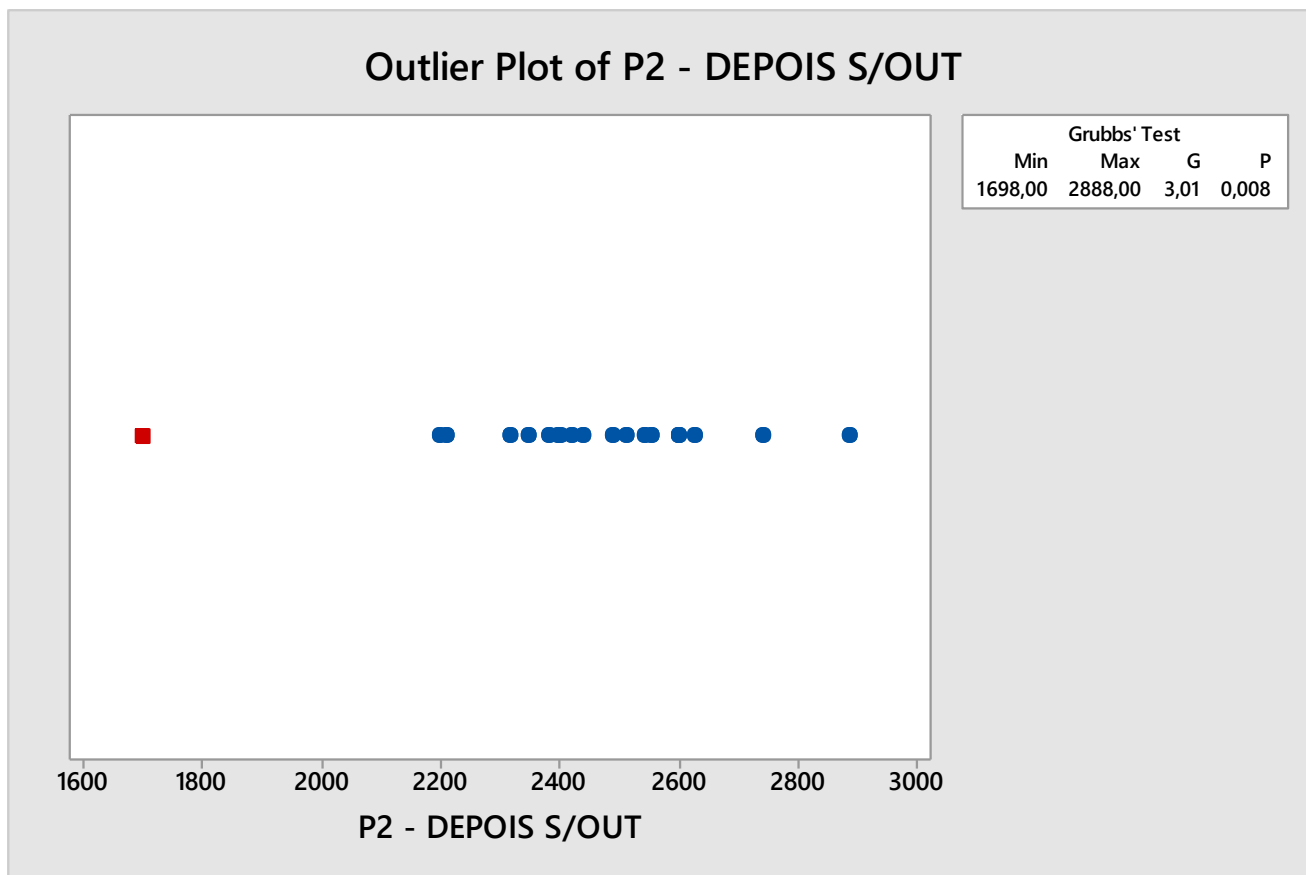


Figura 35 – Segundo *outlier* na amostra

Impacto da eliminação dos dois *outliers* nos dados recolhidos depois da aplicação da metodologia SMED

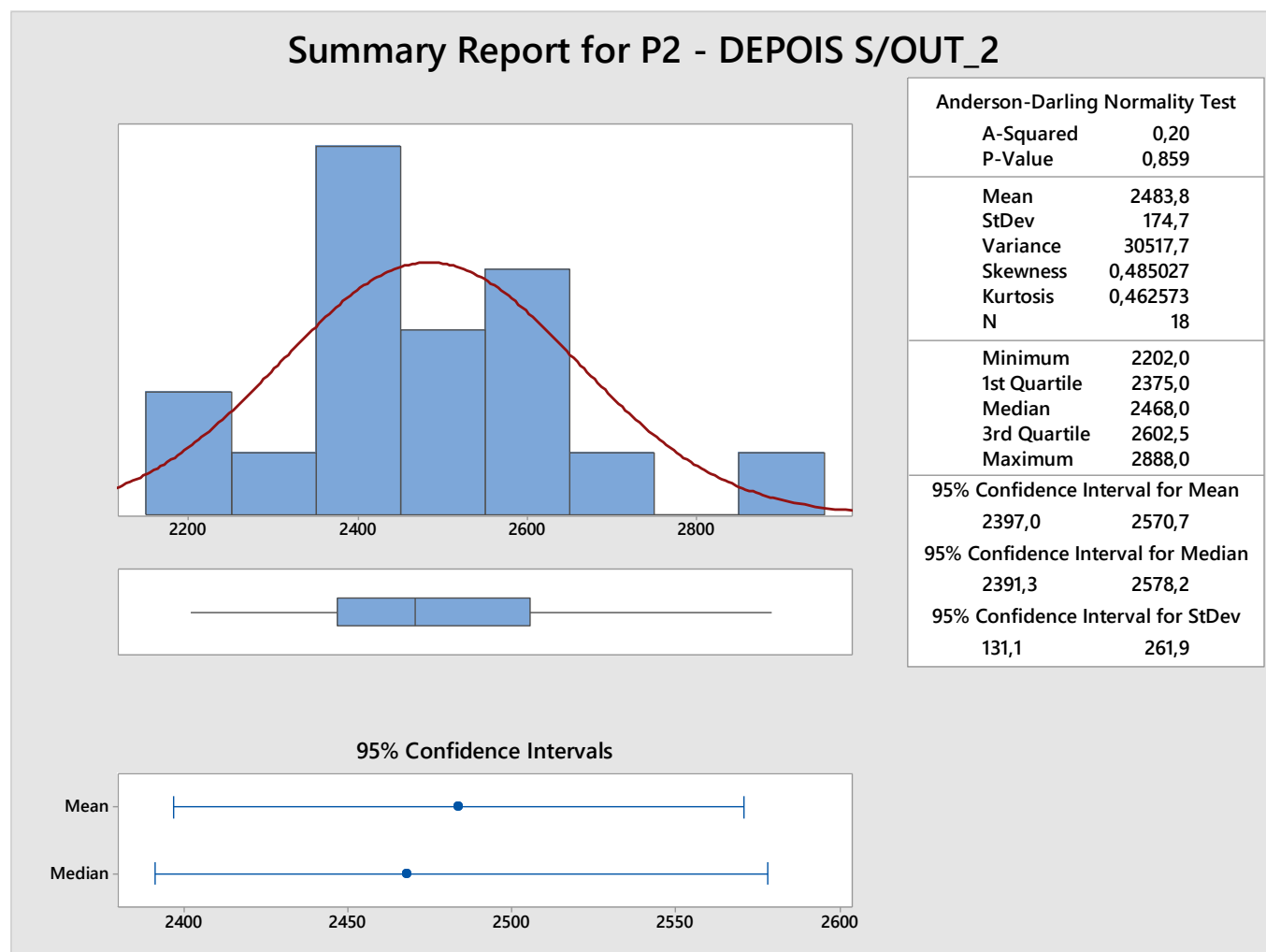


Figura 36 – Gráfico e estatística descritiva da amostra

Pode verificar-se que depois de se eliminarem os dois *outliers*, a média do tempo de *setup*, depois de se ter aplicado a metodologia SMED, diminuiu em 17,7 minutos (de 59,1 minutos para 41,4 minutos), o que representa uma diminuição de 29,9%.

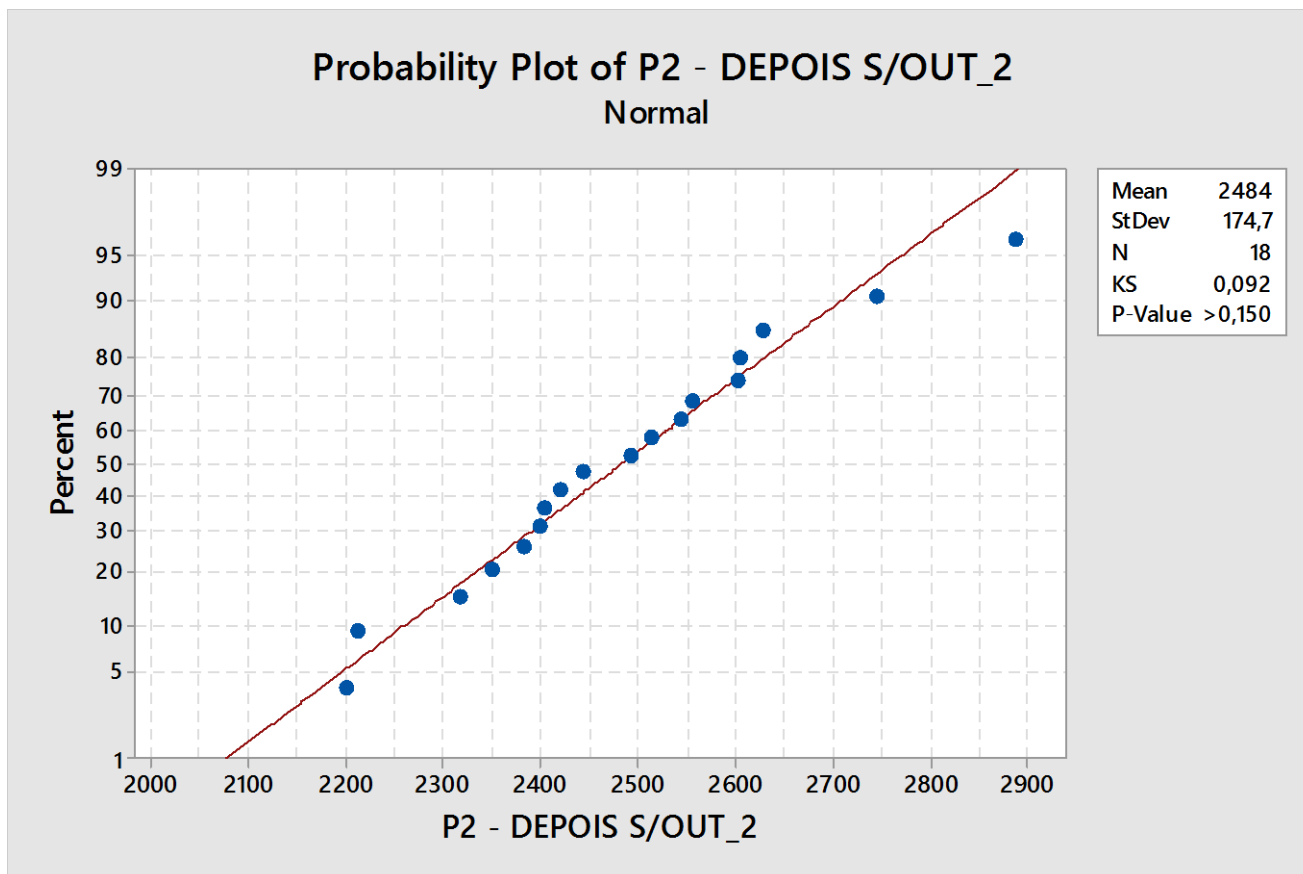


Figura 37 – Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov

O *p-value* deste teste de Kolmogorov-Smirnov é maior que 0,15, por isso podemos novamente concluir que as observações provêm de uma população normal.

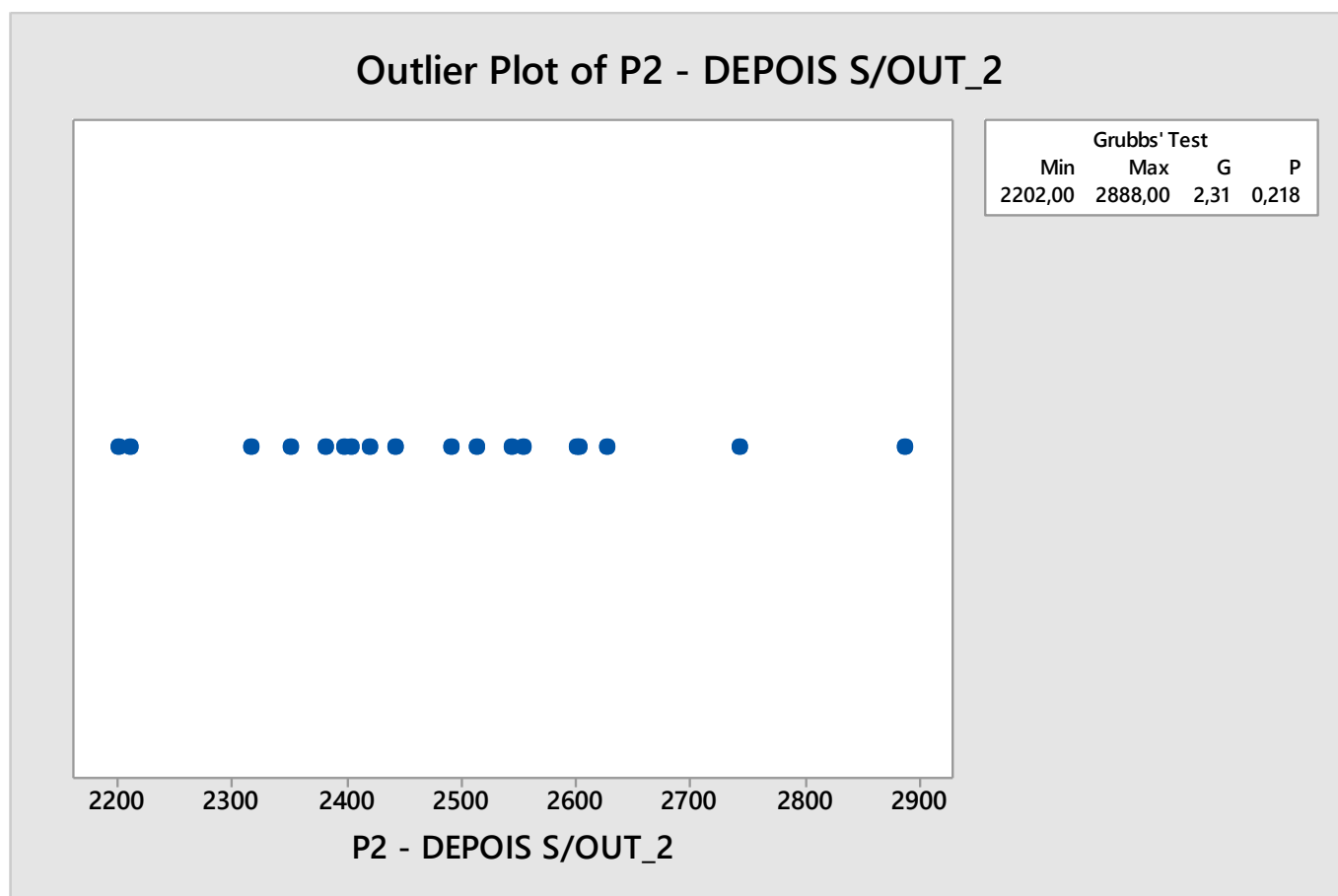


Figura 38 – Sem *outliers* na amostra

Esta última figura mostra que a amostra final ficou sem *outliers*.

Teste às variâncias antes e depois da aplicação do SMED em amostras Independentes e sem *outliers*

O procedimento foi, neste caso, igual ao apresentado anteriormente para o outro *setup* analisado.

Test and CI for Two Variances: P2 - ANTES; P2 - DEPOIS S/OUT_2

Ratio = 1 vs Ratio \neq 1

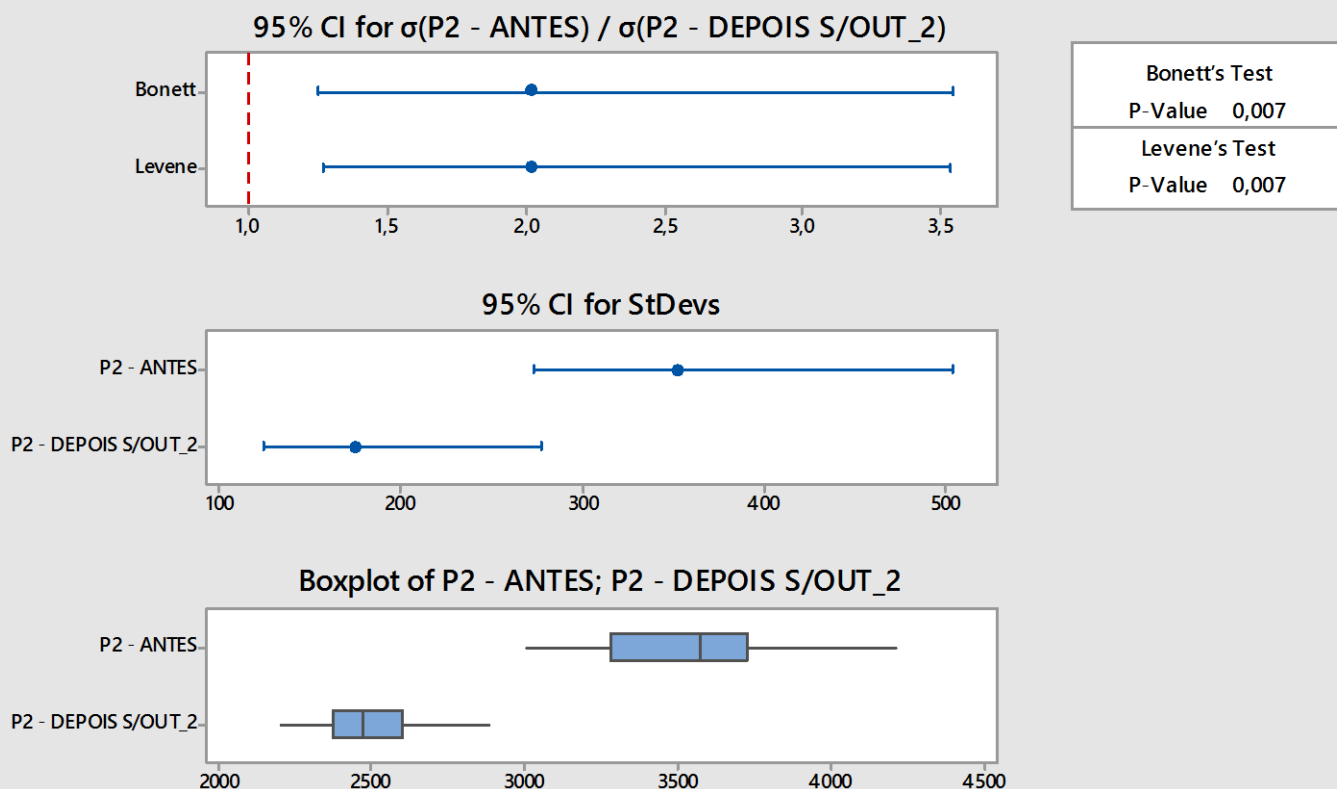


Figura 39 - Resultado das duas variâncias: P2 - antes e P2 – depois sem Out_2

Verificou-se, novamente, que, como o *p-value* é inferior a 5% (*p-value* de Bonett's test é de 0,007-0,7%), rejeita-se H_0 e aceita-se H_1 , logo pode-se assumir que as variâncias são diferentes.

Teste T para comparar médias populacionais: duas amostras independentes com $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

Two-Sample T-Test and CI: P2 - ANTES; P2 - DEPOIS S/OUT_2

Two-sample T for P2 - ANTES vs P2 - DEPOIS S/OUT_2

	N	Mean	StDev	SE Mean
P2 - ANTES	20	3545	353	79
P2 - DEPOIS S/OUT_2	18	2484	175	41

Difference = μ (P2 - ANTES) - μ (P2 - DEPOIS S/OUT_2)
 Estimate for difference: 1060,9
 95% CI for difference: (878,6; 1243,1)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 11,92 P-Value = 0,000 DF = 28

Na tabela 10 está representado o teste de hipóteses:

Tabela 10 – Hipóteses

Hipóteses	H ₀	$\mu_{\text{antes (P2)}} = \mu_{\text{depois (P2)s/ Out}}$	$\mu_{\text{antes (P2)}} - \mu_{\text{depois (P2)s/ Out_2}} = 0$
	H ₁	$\mu_{\text{antes (P2)}} < \mu_{\text{depois (P2)s/ Out}}$	$\mu_{\text{antes (P2)}} - \mu_{\text{depois (P2)s/ Out_2}} < 0$

Como o *p-value* é aproximadamente nulo, rejeita-se H₀ e aceita-se H₁, podendo então admitir-se, com um nível de significância de 5%, que a média dos tempos de *setup* depois da aplicação da metodologia SMED é inferior à média dos tempos de *setup* antes da aplicação dessa metodologia.

4.2 PREVISÃO ANUAL DO AUMENTO DAS PEÇAS VIDRADAS

Uma análise possível é tentar perceber qual o impacto da redução dos tempos de produção na capacidade de vidragem da linha. Assim, e admitindo que o tempo poupado vai ser gasto em produção (e não no aumento do número de *setups*) e considerando que os restantes tipos de mudanças se comportarão no terreno como os dois casos que foram atrás descritos, pode-se estimar que o *output* da vidragem poderá aumentar para mais 674 868 peças por ano (conforme tabela 11). Este aumento representa uma subida de 2,01% de peças viradas anualmente ($102\,000 \times 0,995 = 101\,490$ peças viradas por dia, o que implica virar anualmente 33 491 700 peças).

Tabela 11 - Previsão do plano de melhoria do *setup* (segundos) da vidragem

	Previsão do Plano de Melhoria no <i>setup</i> da vidragem					
	Diminuição de tempo (Internas para Externas)	Nº de mudanças mensal	Nº de mudanças anual	Diminuição do nº de horas anual	Vidragem de peças por hora	Total de peças vidradas por ano
Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) para 128 (T)) - REAL	1244,5	12,0	132,0	45,6	1100	50195
Mudar de Din 22 para Far 16 ou Din 14 65 ((S) para 128(T))	1212,7	21,0	231,0	77,8	1100	85596
Mudar de Far 16 ou Din 14 para Din 22 (128 (T) para 65 (S))	1093,3	24,0	264,0	80,2	1100	88193
Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 RAS)) - REAL	1060,0	40,0	440,0	129,6	850	110122
Mudar de Din 14 para Far 16 (128 (T) para 128 (T))	760,1	16,0	176,0	37,2	1100	40876
Mudar de Din 20 para Far 21 ou Din 22 para Far 24 ou Din 26 para Far 27 (92 (S) para 92 (S) ou (92 (RAS) para 92 (RAS))	736,3	68,0	748,0	153,0	850	130039
Não mudar de peça: Din 14, Far 16 ou Din 20 (128 (T), 128 (S))	609,6	2,0	22,0	3,7	1100	4098
Não mudar de peça: Din 20, Far 21, Din 22, Far 24 ou Din 26, Far 27 (S92 (S) ou R92 (RAS))	569,8	112,0	1232,0	195,0	850	165748
Total						674868

5 CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

Este projeto foi bastante positivo para todos, sendo de realçar que os colaboradores na vidragem do turno B ficaram mais motivados, por perceberem que o projeto poderia trazer benefícios para a empresa e para eles, uma vez que podem trabalhar de uma forma mais organizada e com menos esforço.

Os resultados obtidos foram bons no que respeita às médias dos tempos de *setup*, uma vez que depois da aplicação do SMED nos dois casos analisados, foi obtido uma diminuição do tempo de *setup* de 32,3% na primeira situação (Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 RAS)) ou vice-versa), e de 29,5% na segunda (Mudar de Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 RAS)) ou vice-versa).

Depois de serem eliminados os *outliers* dos tempos dos setups, os novos resultados obtidos indicaram que nas mudanças do primeiro tipo, a diminuição obtida é de 32,7% e nas mudanças do segundo tipo, essa diminuição é afinal de 29,9%.

Os testes de hipóteses realizados permitiram concluir que a média dos tempos de *setup* depois da aplicação da metodologia SMED, sem *outliers*, é significativamente inferior à média dos tempos antes da aplicação dessa metodologia.

Adicionalmente, os testes às variâncias, com amostras sem *outliers*, permitiram concluir que estas são diferentes, o que evidencia que, para além da redução da média dos tempos, houve uma redução da respetiva variabilidade devido à definição e padronização do trabalho.

Ao comparar a previsão da tabela 5 com os resultados obtidos apresentados na tabela 8, pode-se afirmar que estes estão perto do objetivo previsto e, por isso, se nos restantes tipos de mudanças a diminuição for semelhante, pode-se obter um aumento de 674 868 peças vidradas por ano (tabela 11).

Melhorias para o futuro

Este trabalho pode ajudar nas melhorias que se podem fazer no futuro, uma vez que algumas considerações teóricas que foram feitas podem e devem ainda ser testadas, para se confirmar a respetiva validade. Mais especificamente, os aspetos seguintes:

- Nas linhas 2, 3, 4 e 5 foi considerado que o tempo de retirar e colocar os *spindles* (S) do Din 20, Din 22, Far 21 e Far 24 era igual ao tempo dos *spindles* (RAS) do Din 26 e Far 27;
- Como o Din 20 usa os 128 *spindles* (S), foi considerado que o tempo de retirar e colocar os *spindles* (T) do Din 14 e Far 16 era igual ao do Din 20, apesar dos *spindles* médios (S) serem maiores.

Nesta fase, em que os procedimentos das mudanças estão definidos, faz todo o sentido verificar se estas considerações fazem sentido ou se será necessário estudar todos os tipos de mudanças.

Pode-se verificar que antes da aplicação da metodologia SMED, a relação entre as tarefas internas e externas era de aproximadamente 1 (tabela 5, 6 e 7) e depois da aplicação da metodologia SMED, nos dois casos analisados, a relação entre as tarefas internas e externas passou para 0,5 - 0,52 (tabela 8), ou seja as tarefas externas aumentaram, pois muitas das tarefas internas passaram a externas. Assim, ainda muito poderá ser feito no futuro e esta etapa não pode ser esquecida, pois a importância de diminuir as tarefas externas também vai ao encontro dos princípios da metodologia SMED. Por isso, este será outro trabalho que tem de ser acompanhado no futuro, devendo encarar-se este processo como uma melhoria contínua com vista à redução dos tempos e dos desperdícios associados às tarefas de *setup*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, A. (2014). *“Lean Manufacturing – SMED”*. Comunidade *Lean Thinking*;
- COURTOIS, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2006). *“Gestão da Produção”*. Lidel. Lisboa;
- FERREIRA, F. P. (2004). *“Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças.”* Universidade de Taubaté São Paulo: Dissertação de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional;
- FERREIRA, N. F. F. (2012). *“Desenvolvimento de um jogo de simulação do sistema de produção Lean”*. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Tese de Dissertação do 2º ano do Mestrado de Gestão de Processos e Operações;
- HENDERSON, J. L. (1999). *“Lean Transformation: How to change your business into a Lean Enterprise”*. Oaklea Press;
- HIRANO, H. (2009). *“JIT Implementation Manual, The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 2.”* Waste and the 5S's (Vol. 2). CRC Press;
- LIKER, J. K. (2004). *“The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer”*. McGraw-Hill Education;
- LOPES, R., Neto, C., & Pinto, J. (2006). *“Quick Changeover–Aplicação prática do método SMED”*;
- MAIA, L. C.; ALVES A. C.; LEÃO, C. P. (2011). *“Metodologias para Implementar Lean Production: uma revisão crítica da literatura”*. CLME;
- MONDEN, Y. (1998). *“Toyota production system: An integrated approach to just-in-time”*. 3ª edição. Georgia: Chapman & Hall;
- OHNO, T. (1997). *“O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala”*; trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre, RS: Artes Médicas;
- PINTO, J. P. (2008). *“Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro”*. Comunidade *Lean Thinking*;
- RODRIGUES, C. J. (2009). *“Introdução ao Lean Thinking. A Filosofia dos Vencedores – Criar Valor, Eliminando Desperdícios”*. Comunidade *Lean Thinking*;

ROTHER, M. & SHOOK, J. (1998). *"Learning to see, version 1.2." The Lean Enterprise Institute Inc, Brooklyn, Massachusetts;*

SEBROSA, R. (2008). "Modelo de avaliação das condições de aplicação da produção magra – O Caso da Indústria Gráfica". Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de Mestrado;

SHINGO, S. (1985). *"A revolution in manufacturing: the SMED system"*. Productivity Press;

SILVA, A. (2009). "Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de *layout* industrial, em ambiente de alta variedade de peças, orientado para a produção enxuta". Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado;

SLACK, N., Chambers, S., & Johnston, R. (1997). *"Administração da produção"*. São Paulo: Editora Atlas;

SZEZERBICKI, A. D. S., Pilatti, L. A., & Kovalski, J. L. (2004). "Henry Ford: a visão inovadora de um homem do início do século XX". Publicatio UEPG: Ciências Sociais Aplicadas, 12(2);

WOMACK, J. P., & Jones, D. T. (2003). *"Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation"*. Simon and Schuster;

WOMACK, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *"Machine that changed the world"*. Simon and Schuster.

7 ANEXOS

ANEXO I

EXEMPLO DA CÓPIA DE TRABALHO

ANEXO I

[illegible]

ANEXO II

EXEMPLO DA CÓPIA DE TRABALHO COM DADOS RECOLHIDOS

ANEXO 2

De: L1 - Cabine A			Para: L1 - Cabine B							
Com: Din 14 Bege			Com: Din 20 Castanho							
							Data:			
Elemento de Setup	Tempo Operacional (Seg)			Categorias do Setup			Plano de Melhoria	Objectivo do Plano de Melhoria		
	Outros tempos	Elementar (te)	Tarefas sem interferência no (te)	Externas	Internas	Desperdício		Eliminar	Internas para Externas	Reduzir
Paragem da linha, nos postos de controle da vidragem (mudança de cor) ou de alimentação das peças (mudança de receita): O último prato vidrado, a sair da cabine de vidragem										
Desligar os circuitos de ar comprimido e vidrado (1P)		32			I					
Raspagem cabine das pistolas (1P)		288			I		coincide com as tarefas de retirar e colocar os spindles		288	
Abrir cabine das pistolas (2P)		27			I		coincide com as tarefas de retirar e colocar os spindles		27	
Tanques Lava garfos: Descarregar água do vidrado anterior, lavar e encher com água limpa	1200									
Raspagem da cabine de exaustão + grelhas (2P)		492			I		coincide com as tarefas de retirar e colocar os spindles		492	
Lavagem da aparadeira (1P)		100			I		coincide com as tarefas de retirar e colocar os spindles		100	
Raspagem das grelhas (1P)	258									
Raspagem da cabine de exaustão (1P+1P)	548									
Abrir cabine de exaustão (2P)			50		I					
Retirar Spindles da linha de vidragem (2P)		590			I					
Colocar os Spindles usados no carro (1P)			547	E						
Retirar Spindles do carro para serem colocados na linha de vidragem (1P)			422	E						
Colocar spindles na linha de vidragem (2P)		1103			I					
Arrumação, retirar carros de spindles (1P)			34	E						
Lavagem do tapete central (correias + spindles) (1P)		313			I		coincide com as tarefas de retirar e colocar os spindles		313	
Fechar cabines para a próxima vidragem e fazer a troca de exaustão da cabine (2P)			221	E						
Ligar ar comprimido e circuito de vidrado, para as pistolas (1P)			129	E						
Mudança de receita no Posto de Controlo de Alimentação das peças (PCA) - Preparação para alimentação de pratos até à estação de controle da vidragem (1P)		92								
Mudança de cor no Posto de controlo da vidragem (PCV) - Preparação para alimentação de pratos à vidragem (1P)		60			I					
Mudança de receita no Posto de Controlo na Estação de carga (PCEC) - preparação para as peças entrarem para os setters e depois para as vagonas (1P)		147			I					
Tirar ballast no Posto de Controlo na Estação de carga (PCEC) (1P)										
Movimentação do transfer para sugar e colocar as peças no tapete que dá acesso à vidragem		16			I					
Primeiras 6 peças para afinação da vidragem, retiradas do tapete manualmente		18			I					
Alimentação de peças desde a alimentação das peças (A) até à alimentação da vidragem (B) - t1		179			I		t1-30 seg		149	
Centragem das peças, depois da cabine de despoeiramento (1P)		34			I					
Colocar campânulas na linha (1P)			219	E						
Afinação de aplicação do vidrado nas peças (1P)		186			I					
Transporte das peças desde alimentação da vidragem (B) e a saída da cabine A (C)		89			I					
Transporte das peças desde a saída da cabine A (C) e a saída da cabine B (D). Considera-se a 1ª peça vidrada, a que sair da cabine de vidragem B		78			I					
Ajuste dos spindles (1P)		21			I					
Da cabine A:										
Retirar tinão de vidrado			150	E						
Retirar Bomba + tubo de retorno do Tinão			36	E						
Lavagem do circuito do vidrado, pistolas e bomba		104			I		tarefa deve ser feita antes de se iniciar a mudança		104	
Fechar circuito			25	E						
Lavagem do carro 8 (1P)	1010									
Cabine B:										
Colocar tinão com o novo vidrado			121	E						
Colocar bomba dentro do tinão do vidrado			90	E						
Ligar tubagens do circuito do vidrado à banheira			317	E						
Verificar, lavar e desentupir cabeças das pistolas		124			I		tarefa deve ser feita antes de se iniciar a mudança		124	
Colocar grelhas			70	E						
Instalação do carro 8 (1P)	150			E						
Nota: tempo total 3483 seg										
Totais	3166	4093	2431						1597	

ANEXO III

MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: MUDAR DE DIN 20 PARA FAR 16 OU DIN 14 (128 (S) PARA 128 (T)) (128 (S) PARA 128 (T))

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) para 128 (T)) (128 (S) para 128 (T))				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
3601	2431	1597	2004	4028
3521	3808	1030	2491	4838
3510	4020	1088	2422	5108
3533	3881	1191	2342	5072
3811	4034	1199	2612	5233
3384	4065	860	2524	4925
3541	4168	1063	2478	5231
3569	4073	1089	2480	5162
4005	4059	1464	2541	5523
3725	4140	1108	2617	5248
4513	3958	1446	3067	5404
4010	4151	1223	2787	5374
3710	4353	1415	2295	5768
4212	4094	1203	3009	5297
4072	4261	1246	2826	5507
3905	3737	1042	2863	4779
3284	3619	1188	2096	4807
3967	3437	1107	2860	4544
3907	2852	1336	2571	4188
4221	4043	1497	2724	5540

ANEXO IV

MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 22 PARA FAR 16 OU DIN 14 (65 (S) PARA 128(T))

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Din22 para Far 16 ou Din 14 (65 (S) para 128(T))				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
3651	3631	1283	2368	4914
3378	3917	891	2487	4808
3712	3824	1157	2555	4981
3983	3683	1350	2633	5033
3372	3880	1491	1881	5371
3330	4193	1225	2105	5418
3480	3883	1194	2286	5077
3461	3873	1131	2330	5004
3592	3619	2775	817	6394
3583	4121	1079	2504	5200
3643	3710	1175	2468	4885
3494	3973	962	2532	4935
3371	3744	1061	2310	4805
3239	3841	1047	2192	4888
3663	3720	1008	2655	4728
3889	4050	1071	2818	5121
3896	3878	1112	2784	4990
3396	3777	835	2561	4612
3694	3748	1213	2481	4961
3519	3666	1194	2325	4860

ANEXO V

**MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: FAR 16 OU DIN 14 PARA DIN 22 (128(T)
PARA 65 (S))**

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Far 16 ou Din 14 para Din 22 (128(T) para 65 (S))				
Categorias do <i>Setup</i>		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
3154	3600	1006	2148	4606
3287	3797	1054	2233	4851
3280	3549	913	2367	4462
3008	4153	1054	1954	5207
3789	3873	1309	2480	5182
3789	3873	1309	2480	5182
3171	3796	1028	2143	4824
3085	3985	1027	2058	5012
3374	3636	1205	2169	4841
3576	3678	1260	2316	4938
3128	3801	1048	2080	4849
3233	3776	1062	2171	4838
2861	4138	913	1948	5051
3647	3467	1058	2589	4525
3280	3549	913	2367	4462
3509	3467	1122	2387	4589
3401	3467	1011	2390	4478
3863	3873	1218	2645	5091
3067	4141	1101	1966	5242
3317	3575	1255	2062	4830

ANEXO VI

**MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27
(92 (S) PARA 92 (RAS))**

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 (RAS))				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
3297	3388	1584	1713	4972
3164	3961	935	2229	4896
3157	3733	920	2237	4653
3103	3733	920	2183	4653
3561	3707	925	2636	4632
3849	2809	1214	2635	4023
3716	3165	940	2776	4105
4218	2911	1905	2313	4816
3278	3788	935	2343	4723
3659	3347	1114	2545	4461
3318	4077	813	2505	4890
3427	3905	1889	1538	5794
3283	3257	944	2339	4201
3593	3570	1181	2412	4751
3702	3729	871	2831	4600
3590	3910	1221	2369	5131
3736	3280	848	2888	4128
4154	3167	1367	2787	4534
3005	2403	1364	1641	3767
4084	2809	1575	2509	4384

ANEXO VII

MUDAR DE PEÇA E NÃO MUDAR DE SPINDLES: DIN 14 PARA FAR 16 (128 (T) ((T) PARA 128)

Mudar de peça e não mudar de <i>spindles</i> : Din 14 para Far 16 (128 (T) ((T) para 128)				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
2314	2716	593	1721	3309
2343	2716	593	1750	3309
2506	2583	610	1896	3193
2373	2378	892	1481	3270
2390	2669	644	1746	3313
3178	2792	489	2689	3281
2565	2603	553	2012	3156
2247	2321	626	1621	2947
2779	2121	763	2016	2884
2796	2121	785	2011	2906
2343	2203	737	1606	2940
2503	2121	708	1795	2829
2281	2121	688	1593	2809
2357	2124	883	1474	3007
2742	2395	698	2044	3093
2875	1794	1092	1783	2886
2465	2125	839	1626	2964
2758	2092	1082	1676	3174
2380	2128	925	1455	3053
2878	2488	1001	1877	3489

ANEXO VIII

MUDAR DE PEÇA E NÃO MUDAR DE SPINDLES: DIN 14 PARA FAR 16 (128 (T)) ((T) PARA 128)

Mudar de peça e não mudar de <i>spindles</i> : Din 14 para Far 16 (128 (T)) ((T) para 128)				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
2579	2305	977	1602	3282
2792	2524	641	2151	3165
2207	2109	734	1473	2843
2195	2121	839	1356	2960
1927	2237	607	1320	2844
2451	2237	974	1477	3211
2420	1970	755	1665	2725
2530	2027	707	1823	2734
2366	2045	774	1592	2819
2488	2027	679	1809	2706
2321	2051	590	1731	2641
2217	2316	683	1534	2999
2681	2635	522	2159	3157
2460	2563	745	1715	3308
9681	2607	567	9114	3174
2896	2342	687	2209	3029
2819	2606	1016	1803	3622
2433	2341	767	1666	3108
2472	2469	700	1772	3169
2444	2346	583	1861	2929
2705	2245	916	1789	3161

ANEXO IX

NÃO MUDAR DE PEÇA: DIN 14 PARA DIN 14 OU FAR 16 OU DIN 20 (128 (T) OU 128 (S))

Não mudar de peça: Din 14 para Din 14 ou Far 16 ou Din 20 (128 (T) ou 128 (S))				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
2239	2492	654	1585	3146
1874	2790	411	1463	3201
2419	2274	736	1683	3010
2366	2666	521	1845	3187
2175	2781	553	1622	3334
2191	2242	474	1717	2716
2104	2711	554	1550	3265
2144	2657	589	1555	3246
2129	2612	448	1681	3060
2197	2121	777	1420	2898
2357	2666	524	1833	3190
2177	2121	739	1438	2860
1925	2242	411	1514	2653
2269	2125	818	1451	2943
2230	2409	795	1435	3204
2177	2587	598	1579	3185
2213	2492	547	1666	3039
3522	4252	596	2926	4848
3086	4073	436	2650	4509
2454	1794	869	1585	2663
2141	2121	752	1389	2873

ANEXO X

**NÃO MUDAR DE PEÇA: DIN 20, FAR 21, DIN 22, FAR 24 OU DIN 26, FAR 27
(S92 (S) OU R92 (RAS))**

Não mudar de peça: Din 20, Far 21, Din 22, Far 24 ou Din 26, Far 27 (S92 (S) ou R92 (RAS))				
Categorias do Setup		Objetivo do Plano de Melhoria		
Internas	Externas	Internas para Externas	Internas	Externas
2291	2330	601	1690	2931
2421	2233	666	1755	2899
2090	1935	650	1440	2585
2008	2355	553	1455	2908
3091	2359	1012	2079	3371
2941	2391	727	2214	3118
1579	2165	349	1230	2514
1783	2125	373	1410	2498
2264	2015	521	1743	2536
1909	2219	393	1516	2612
2167	2411	494	1673	2905
1927	2091	600	1327	2691
1956	2325	620	1336	2945
2034	2068	502	1532	2570
2133	2559	495	1638	3054
1750	2354	375	1375	2729
2115	1935	672	1443	2607
1955	2179	468	1487	2647
2571	2427	607	1964	3034
2348	2366	638	1710	3004
2186	2110	637	1549	2747
2099	2262	583	1516	2845

ANEXO XI

MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: MUDAR DE DIN 20 PARA FAR 16 OU DIN 14 (128 (S) PARA 128 (T)) (128 (S) PARA 128 (T)) – DADOS APÓS MUDANÇA DO PROCEDIMENTO

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Mudar de Din 20 para Far 16 ou Din 14 (128 (S) para 128 (T)) (128 (S) para 128 (T))	
Categorias do <i>Setup</i>	
Internas	Externas
2496	4043
2524	4924
2422	5199
2422	5106
2740	5165
2478	5276
2480	5164
2541	5508
2724	5591
2617	5288
2445	4356
2822	5372
2649	5423
2526	5177
3336	5400
2096	4841
2396	5722
2673	4750
2491	4870

ANEXO XII

**MUDAR DE PEÇA E DE SPINDLES: DIN 20 E FAR 21 PARA DIN 26 E FAR 27
(92 (S) PARA 92 (RAS)) – DADOS APÓS MUDANÇA DO PROCEDIMENTO**

Mudar de peça e de <i>spindles</i> : Din 20 e Far 21 para Din 26 e Far 27 (92 (S) para 92 (RAS))	
Categorias do <i>Setup</i>	
Internas	Externas
2604	5563
2404	4524
2888	4336
2493	5219
2514	4850
2399	4519
2545	4479
2443	4640
2383	5140
2556	4887
2421	4615
2318	4949
2351	4857
2745	4615
3561	3707
2602	4446
2202	4583
2629	4687
2212	6128
1698	5000

ANEXO XIII

FLUXOGRAMA DO SETUP DE UMA LINHA DE VIDRAGEM QUE FAZ A MUDANÇA DA CABINE A PARA A CABINE B (CONFORME FIGURA 11)

